ACTA GEOLOGICA

ACADEMIAE SCIENTIARUM HUNGARICAE

REDIGIT

SZÁDECZKY-KARDOSS E.

TOMUS III FASCICULUS 4

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

BUDAPEST, 1955

ACTA GEOL. HUNG.

ACTA GEOLOGICA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FÖLDTANI KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTŐSÉG ÉS KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY U. 21

Az *Acta Geologica* orosz, francia, német és angol nyelven közöl értekezéseket a földtan és rokon tudományok köréből.

Az *Acta Geologica* változó terjedelmű füzetekben jelenik meg, több füzet alkot évenként egy kötetet.

A közlésre szánt kéziratok, géppel írva, a következő címre küldendők:

Acta Geologica, Budapest, 62. Postafiók 440.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi és kiadóhivatali levelezés.

Az *Acta Geologica* előfizetési ára kötetenként belföldre 80 forint, külföldre 110 forint. Megrendelhető a belföld számára az «Akadémiai Kiadó»-nál (Budapest, V., Alkotmány utca 21. Bankszámla 04-878-111-46), a külföld számára pedig a «Kultúra» Könyv- és Hírlap-Külkereskedelmi Vállalatnál (Budapest, VI., Sztálin út 21. Bankszámla: 43-790-057-181 sz.), vagy külföldi képviseleteinél és bizományosainál.

«*Acta Geologica*» публикует научные статьи из области геологических наук на русском, французском, английском и немецком языках.

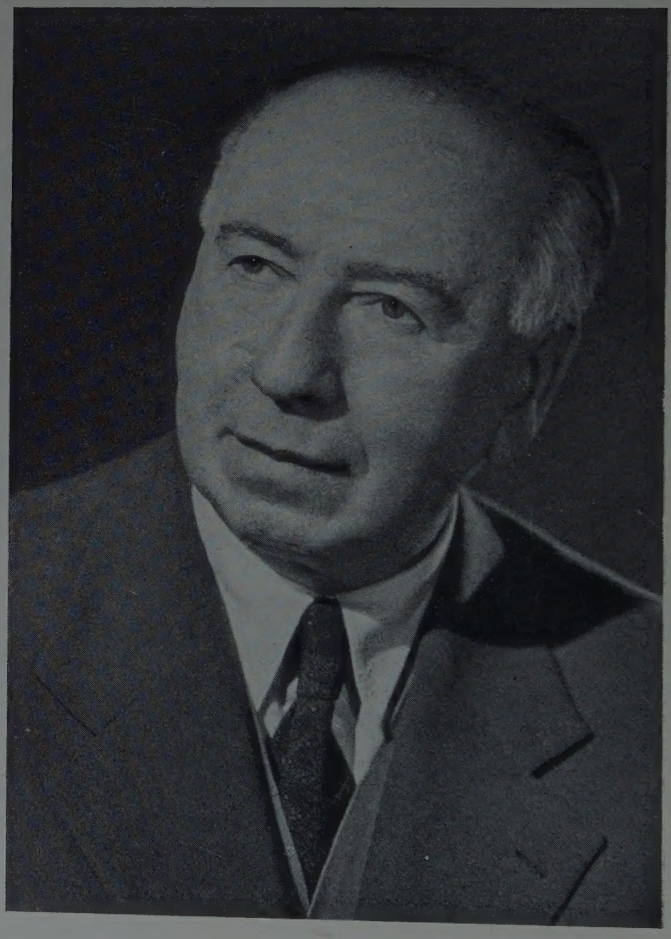
«*Acta Geologica*» выходит отдельными выпусками разного объема. Несколько выпусков составляют ежегодно один том.

Предназначенные для публикации рукописи (в напечатанном на машинке виде) следует направлять по адресу:

Acta Geologica, Budapest, 62. Postafiók 440.

По этому же адресу направлять всякую корреспонденцию для редакции и администрации.

Подписная цена «*Acta Geologica*» — 110 форинтов за том. Заказы принимает предприятие по внешней торговле книг и газет «Kultúra» (Budapest, VI., Sztálin út 21. Текущий счет № 43-790-057-181), или его заграничные представительства и уполномоченные.



AU 70-e ANNIVERSAIRE DU PROFESSEUR ELEMÉR VADÁSZ

A l'occasion du 70-e anniversaire du grand maître de la science géologique hongroise ELEMÉR VADÁSZ, ses collaborateurs proches et lointains lui adressent — par les lignes de *l'Acta Geologica* — leur amitié et leurs salutations.

Ils saluent le grand chercheur qui, par son travail de plusieurs décades a élucidé, de pas en pas, beaucoup de questions fondamentales de la stratigraphie et de la tectonique de la terre hongroise et qui par ses études approfondies a exposé à une nouvelle lueur l'origine des formations sédimentaires les plus importantes pour l'économie du pays, celle de la bauxite, des minérais manganésifères et des charbons de la Hongrie.

Ils saluent le savant qui a réussi à résoudre d'une manière convaincante et s'étendant aussi aux détails, le problème séculaire de la géologie hongroise : la synthèse de la géologie de la Hongrie.

Ils saluent en lui le personnage dirigeant prêt à combattre pour chaque bonne cause, l'évocateur de la géologie hongroise pénétrée du nouvel esprit, celui qui en saisissant la force du tournant historique, est devenu l'indicateur de la cause du développement de la géologie en Hongrie. Son attention s'étend à toutes les branches de l'organisation de la géologie, à la juste orientation scientifique de ses collaborateurs, à la collaboration convenable des chercheurs, au développement de l'art d'exprimer en hongrois les idées de la géologie, à soigner nos périodiques y compris les *Acta Geologica*.

Ils saluent en lui l'instructeur et l'éducateur qui a fait plus que toute autre personne à satisfaire en notre pays les exigeances scientifiques fondamentales de la géologie, par la série de ses livres et de ses études didactiques et son enseignement. Toute une génération de géologues pousse aujourd'hui en Hongrie sous le signe de ses idées jadis condamnées.

Ils saluent en lui l'homme à la pensée noble, toujours prêt à secourir, le penseur original doué de nombreux talents et d'expression colorée, le combattant brave ayant beaucoup souffert pour sa patrie et un meilleur avenir de l'humanité.

Le 1 Mars 1955

К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА ЭЛЕМЕРА ВАДАС

На страницах журнала Acta Geologica прямые сотрудники и сослуживцы с глубоким уважением, признанием и горячей любовью поздравляют великого мастера венгерской геологии ЭЛЕМЕРА ВАДАС по случаю 70-летия со дня его рождения.

Приветствуют они в нем замечательного исследователя, который в своей работе, на протяжении нескольких десятков лет, постепенно выяснял ряд важнейших вопросов венгерской геологии и геотектоники, и своей тщательной работой показал в новом освещении происхождение важнейших для родины осадочных образований — венгерского боксита, марганцевой руды и каменного угля. Приветствуют они в нем ученого, которому впервые удалось ясно и детально выяснить вековую проблему венгерской геологии, т. е. создать синтез геологии Венгрии.

Приветствуют они в нем руководителя, готового бороться за всякое правое дело, основоположника венгерской геологии нового характера, который, захватив силу исторического поворота, стал вожаком расцвета венгерской геологии. Его внимание охватывает все отрасли геологической организации, правильное научное направление сотрудников, гармоничное сотрудничество исследователей, развитие венгерского геологического языка, заботу о научных журналах, в том числе об Acta Geologica.

Приветствуют они в нем учителя и воспитателя, который — серией книг и дидактических трудов — больше всего сделал для удовлетворения научных требований отечественной геологии. В духе его ранее осужденных идей теперь в Венгрии возрастает целая генерация геологов.

Приветствуют они в нем благородно мыслящего, всегда готового на помощь человека, многостороннего, оригинального мыслителя, храброго воина, много страдавшего за родину и лучшее будущее человечества.

1 марта 1955 г.

PLIOZÄN- UND PLEISTOZÄNZEITALTER IM LICHT DER HIMMELSMECHANIK

Gy. Bacsák

1

Die Theorie von Milankovič über die Ursachen und zeitliche Reihenfolge der Quartärvereisungen ist vollkommen hypothesenfrei [6]. Sie beruht einerseits auf der Perturbationsrechnung der Himmelsmechanik, andrerseits auf einer Beobachtungstatsache, die von Penck und Brückner in den Alpen erkannt worden ist [11] ; die Mächtigkeit des Gletschereises auf den Firnenfeldern der Alpen war nämlich niemals grösser als heute, dagegen die Ausbreitung der Eisdecke das Hundert-, ja sogar das Tausendfache. Diese Erscheinung kann durch die passive Wirkung der Perioden mit kühlen Sommern und durch die Anhäufung der nivalen Niederschläge in den dazugehörigen milden Wintern erklärt werden. Die grosse Mehrzahl der Quartärforscher nahm diese Kriterien als notwendig für das Entstehen einer Vereisung an. Da jedoch alle eiszeitlichen geologischen Funde aus der Periglazialzone darauf hinweisen, dass dort in den genannten Perioden trocken-kalte Zustände herrschten, fanden sich die Quartärforscher einer recht schwierigen Frage gegenüber.

Pilgrim [12] erklärte, dass Kälte und Trockenheit im ganzen Jahr nicht unmittelbare Folgen der Veränderlichkeit der Bahnelemente, sondern klimatische Auswirkungen der skandinavischen Eisdecke waren und als solche mit dem Penckschen Postulat nicht in Wiederspruch stehen. Sie herrschten solange, bis die skandinavische Eisdecke von einer antiglazialen Schwankung zerstört wurde. Wir behaupten dagegen, dass die Ursache der Glazialen und Antiglazialen letzten Endes doch in der Veränderlichkeit der Bahnelemente liegt.

Milankovič trennte dieses Problem in zwei Teile. Er untersuchte vor allem die Verteilung der solaren Wärmeenergie auf der äusseren Oberfläche unserer Atmosphäre für verschiedene geographische Breiten sowie die Veränderungen dieser Verteilung im Zusammenhang mit den Schwankungen der Bahnelemente. Erst als er mit der Einstrahlungskurve fertig war, ging er zum zweiten Teil des Problems über, indem er prüfte, wieweit diese fiktive Strahlungskurve durch die Erdatmosphäre beeinflusst wird : welcher Teil der solaren Wärmeenergie zu den untersten Schichten der Troposphäre, wo sich die Verei-

sungen abgespielt haben, durchzudringen vermag und wieviel davon durch Absorption und Reflexion verlorengeht? Er stellte fest, dass nur ungefähr 60% der Sonnenenergie auf die Erdoberfläche wirkt.

Die auf der PILGRIMschen Tabelle begründete Strahlungskurve von MILANKOVIČ wurde 1924 veröffentlicht. Die Kurve zeigte, dass der Wandel der Erdbahnelemente während der letztverflossenen 600 000 Jahre in neun verschiedenen Perioden von je 10 000—11 000 Jahren die Abkühlung der Sommer verursacht hatte, ohne entsprechende Abkühlung der Winter. Zwar stimmt die Gliederung von MILANKOVIČ nicht mit der PENCKschen überein, die nur vier Glaziale (Günz, Mindel, Riss, Würm) und eine langdauernde zentrale Interglaziale («grosse» Interglaziale Mindel-Riss) zulässt, zeigt aber eine nahe Verwandschaft mit ihr, wenn die drei ersten PENCKschen Glazialen in zwei und die vierte in drei glaziale Phasen aufgeteilt werden. Die Korrelation wird durch die grosse Interglaziale M—R von fast 200 000 Jahren weitgehend erleichtert und unterstützt.

Der Einklang der theoretischen Ergebnisse und der Beobachtungstatsachen brachte nach dem Erscheinen des KÖPPEN—WEGENERschen Werks [4] mit einem Schlag Weltruhm für MILANKOVIČ. Allein PENCK zögerte mit der Annahme seiner Theorie, und zwar mit der folgenden Begründung : Sind die Vereisungen durch den Wandel der *immer gleichmässig* variablen Bahnelemente verursacht worden, so müsste es auch im Mesozoikum und im Tertiär Vereisungen gegeben haben ; solche sind jedoch nicht nachweisbar.

Weder MILANKOVIČ noch KÖPPEN waren imstande, auf diesen in jeder Hinsicht logisch erscheinenden Einwand zu erwidern ; sie haben es daher das «*Neue Problem*» genannt.

Dagegen erhielt die MILANKOVIČ-Theorie von anderen Seiten, durch Naturbeobachtungen schon früher die beste Bestätigung. Die Ausführungen von EBERL (Januar 1924) haben nämlich bewiesen, dass die PENCKsche Gliederung des Quartärs nur dann richtig ist, wenn die Günz-, Mindel- und Rissglazialen von PENCK durch kurzfristige Interglazialen in zwei, und die Würmvereisung sogar in drei Teile zerlegt wird. Die von EBERL postulierte Gliederung des Pleistozäns war also mit der von MILANKOVIČ identisch, jedoch war das EBERL zur Zeit seiner Erkenntnisse noch nicht bekannt. Überdies deckt sich das Beobachtungsgebiet von EBERL, nämlich das Zwischengebiet des Lech- und Illertales, mit dem Arbeitsgebiet von PENCK.

Die Eiszeit wird durch die neun Glazialen und durch ihre Zwischenperioden in 18 verschieden lange Zeitspannen aufgeteilt. Es lassen sich jedoch aus 18 ungleichen Elementen $18! = 6402$ Billionen verschiedene Reihenfolgen, folglich ebensoviele verschiedene vollständige Gliederungen des Quartärs herstellen. Man kann also das vollkommene Übereinstimmen der Quartärgliederungen von EBERL und MILANKOVIČ nicht als Zufall deuten. Ihre Identität weist darauf hin, dass beide die Wahrheit erkannt haben. Und diese Wahrheit

bleibt bestehen, ungeachtet dessen, dass MILANKOVIČ das «Neue Problem» nicht lösen konnte und sogar bei den Lösungsversuchen auf falsche Spuren geriet [7, 8, 9].

2

Der Strahlungssatz von MILANKOVIČ lautet :

$$I = \Delta W_s \Delta\varepsilon - m\Delta\,(e \sin \pi),$$

wo $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ zeitabhängige himmelsmechanische Veränderliche bedeuten ; ΔW_s und m sind dagegen zeitunabhängige Variablen, die von der geographischen Breite des Ortes abhängig sind. ΔW_s nimmt nach Norden, m nach Süden zu [7]. Das Eintreten der kühlen Sommer ist durch die günstige Interferenz der Faktoren $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$, namentlich durch ihre gleichgerichtete Wirkung bedingt worden.

Wünschen wir nun der Lösung des «Neuen Problems» näherzukommen, so schreiben wir die Zeitpunkte der Minima von $\Delta\varepsilon$ neben den 18 ungleichen elementaren Zeitspannen der vollständigen Gliederung. Sie können sehr leicht selbst auswendig aufgeschrieben werden, da die Periode von $\Delta\varepsilon$ fast immer genau 40 000 Jahre beträgt. Man erhält also 30 gleiche Elemente statt den 18 ungleichen, wie aus Tab. I ersichtlich.

Der Beginn des ersten Wellentales von $\Delta\varepsilon$ fällt fast mit unserem Anfangsdatum, dem Jahr — 600 000, zusammen ; wir setzen deshalb das erste Minimum von $\Delta\varepsilon$ schematisch auf — 590 000. Wir ziehen von dieser Zahl jedesmal 40 000 Jahre ab und erhalten dadurch die Daten der weiteren Minima. Die Daten der Maxima würden auf die leer gelassenen Stellen fallen. Sie sind jeweils 20 000 Jahre von den beiden benachbarten Minima entfernt, wurden aber zwecks besserer Übersichtlichkeit weggelassen. Die 600 000 Jahre werden in dieser weise in 30 gleiche Teile aufgeteilt. Die Ursache der Interglazialen tritt dadurch klar hervor. Die Spalte B gibt die 18 ungleichen Glieder der Vollgliederung an. In der Spalte C stehen die für die Interferenz mit dem Faktor $\Delta(e \sin \pi)$ korrigierten Angaben der Spalte A. (Die Angaben stammen aus einem früheren Aufsatz des Verfassers [1].) Spalte D gibt die Länge des aszendenten Knotenpunktes für die betreffende Schwankung an. Auf diese Angaben werden wir uns noch berufen.

Das Quartär wird durch die Maxima und Minima von $\Delta\varepsilon$ statt auf 18 ungleichen Zeitspannen auf 30 gleich lange Perioden von je 20 000 Jahre aufgeteilt. Sie stellen die «Quasimonate» des Quartärs dar.

3

Auf diesen Spuren lassen sich auch «Quasiwochen» ohne Schwierigkeit ableiten. So oft die Bildkurven der beiden Komponenten die Zeitachse schnei-

Tabelle I

	A	B			C	D
Welle von ε	Minima von $\Delta\varepsilon$ (Maxima fallen in die leeren Zeilen)	Teile der «vollständigen» Gliederung			Interferenz von $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$	Länge von Θ
15	— 30 000	18 17	Holozän $Würm_3$		— 25 000	45°
14	— 70 000	16 15	Interstadiale W_2-W_3 $Würm_2$		— 71 000	135°
13	— 110 000	14 13	Interstadiale W_1-W_2 $Würm_1$		— 116 100	135°
12	— 150 000	12	Wirkungslose RW—Interferenz: Interglaziale RW		— 150 000	270°
11	— 190 000	11	$Riss_2$		— 187 000	135°
10	— 230 000	10 9	Interstadiale R_1-R_2 $Riss_1$		— 234 000	45°
9	— 270 000	8	Wirkungslose Interferenz MR_4	«Grosse Interglaziale»		135°
8	— 310 000		« « MR_3			90°
7	— 350 000		« « MR_2			135°
6	— 390 000		« « MR_1			135°
5	— 430 000	7	$Mindel_2$		— 435 000	45°
4	— 470 000	6 5	Interstadiale M_1-M_2 $Mindel_1$		— 470 000	135°
3	— 510 000	4	Wirkungslose GM—Interferenz: Interglaziale G—M			90°
2	— 550 000	3	$Günz_2$		— 550 000	135°
1	— 590 000	2 1	Interstadiale G_1-G_2 $Günz_1$		— 590 300	90°

den, tritt laut dem MILANKOVIČschen Strahlungssatz eine solare Klimaveränderung ein. Die Kurve $\Delta\varepsilon$ besitzt nach der Tab. I 30 solche Schnittpunkte. ε nimmt im Schnittpunkt den Wert 23° 17′ an. Das ist jedoch nichts anderes als die Ekliptikschiefe : die Schnittpunkte geben also die Zeiten an, in denen die Ebene der Ekliptik mit der Grundebene des Sonnensystems zusammenfällt. Die Bildkurve der zweiten Komponente geht durch die Zeitachse, wenn sin π verschwindet, d. h. bei $\pi = 180°$ bzw. $\pi = 360°$. Physikalisch besagt das Null-

werden von $e \sin \pi$, dass die Wirkung der Exzentrizität auf die Witterungszustände binnen einem — sommerlichen oder winterlichen — Halbjahr ausgeglichen wird, da die eine der Jahreshälften im Perihel beginnt und im Aphel endet, und die andere umgekehrt. Die Komponente $e \sin \pi$ verursacht also in diesen Zeiten keine Strahlungsunterschiede zwischen den beiden Halbjahren.

π, die Länge des Perihels, wird vom Frühlingspunkte aus gemessen, folglich kommt

$$\pi = \tilde{\omega} + \psi',$$

wo $\tilde{\omega}$ die Rotation der Apsislinie in direkter Richtung misst. Sie wird durch den Winkel des Perihelpunktes vom Frühlingspunkt angegeben. Ψ' bedeutet dagegen die durch die Präzession verursachte Rotation des Frühlingspunktes in indirekter Richtung. $\tilde{\omega}$ vollbrachte im Quartär 4 1/4 vollständige Umdrehungen: der Frühlingspunkt beschrieb währenddessen 23 1/4 vollständige Umläufe mit 25 685 jähriger Periode im entgegengesetzten Sinne. π führte daher 27 1/2 vollständige Umdrehungen aus und liess $e \sin \pi$ in 55 Fällen über die Zeitachse treten. Die Komponenten $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ haben also zusammen eine 30 + + 55 = 85fache Veränderung des solaren Klimas verursacht.

Wenn die Minima der zwei Komponenten interferieren, entsteht eine glaziale Schwankung, die wir mit dem Vorzeichen — — bezeichnen.* Bei dem Treffen zweier Maxima kommt eine Interferenz mit dem Zeichen + + zustande. Die subtropische Schwankung stellt mit ihrem Vorzeichen + — das Zusammenfallen eines Wellenberges von $\Delta\varepsilon$ mit einem Wellental von $\Delta(e \sin \pi)$ dar, die subarktische Schwankung, d. h. die Koinzidenz eines $\Delta\varepsilon$-Wellentales mit einem $\Delta(e \sin \pi)$-Wellenberg erhält das Vorzeichen — +. Es werden somit vier verschiedene solare Klimatypen als überhaupt möglich erkannt. Sie führen folgende klimatische Kennzeichen: die glaziale Schwankung hat kühle Sommer und milde Winter, die antiglaziale warme Sommer und harte Winter; beide Übergangstypen weisen durchschnittlich verlaufende Jahreszeiten auf. Man kann für die 600 000 Jahre des Quartärs eine 85fache Abwechslung der vier solaren Klimatypen ableiten.

In der Astronomie pflegt man die sekulären oder langperiodigen Veränderungen der Erdbahnelemente für alle fünftausend Jahre zu berechnen, und man fügt überdies die Zeitpunkte der Maxima von $\Delta\varepsilon$ bzw. $\Delta(e \sin \pi)$ dazu. Eine solche astronomische Tabelle ergibt, mit den Daten des 85fachen Nullwerdens von $\Delta\varepsilon$ bzw. $\Delta(e \sin \pi)$ ergänzt, den solaren Klimatypenkalender des Quartärs.

Es ist notwendig, den Klimatypenkalender mit einer Vereisungskurve zu ergänzen. Die schwächer betonten solaren Klimatypen werden nämlich in den

* Der Verfasser bezeichnet die glaziale Interferenz aus didaktischen Gründen mit dem Vorzeichen — —, die antiglaziale mit dem Vorzeichen + +. Zu diesem Zweck musste das Vorzeichen bei einem der Komponenten vertauscht werden.

Perioden der Inlandeiswirkung völlig verdeckt, und selbst die Spuren der intensiveren Schwankungen sind schwer nachweisbar.

Die Entstehungsdaten der limonitisierten Lösshorizonte werden am zweckmässigsten auch in den Kalender eingeführt, denn sie können bei der Geländearbeit in natürlichen und künstlichen Lössaufschlüssen einen wertvollen Dienst bei der Altersbestimmung leisten.

Der solare Klimatypenkalender wird in Tab. II angeführt.

Die Mitteilung einer graphischen Darstellung des Klimatypenkalenders neben der tabellaren Übersicht würde als selbstverständlich erscheinen. Wir sehen jedoch von der Publikation einer solchen ab, da diese als Beilage zum Bericht des Verfassers [1] aus dem Jahre 1944 (herausgegeben vom Ungarischen Staatlichen Geologischen Institut) veröffentlicht wurde. Man muss auf der dort gezeichneten Vereisungskurve lediglich die Dauer der Eisdecke des M_2 etwas verlängern : wir werden jedoch auf diese Tatsache bei der Besprechung des KÖPPENschen Schwellenwertes noch eingehender zurückkommen.

PENCK hielt die Amplituden der von MILANKOVIČ berechneten glazialen Schwankungen zum Entstehen von Vereisungen für ungenügend. Diese in g cal/cm² min. oder in kanonischen Einheiten angegebenen Amplituden ergeben, auf C° umgerechnet, eine Verminderung der sommerlichen Durchschnittstemperatur um nur 6—10 C° gegenüber dem Durchschnitt unserer heutigen Sommer. Laut PENCK ist diese Temperatursenkung nicht ausreichend zur Entwicklung alpiner Eisdecken. Die Befürchtung von PENCK ist auf der Höhe von 100—200 m über dem Meeresspiegel berechtigt ; der Verfall der nivalen Niederschläge wird jedoch in den Gebieten von + 6° sommerlicher Durchschnittstemperatur von einer Temperatursenkung von 6—10 C° schon behindert : die Firnfelder beginnen in Wechselwirkung mit der Zunahme der Reflexion zu wachsen.

In Skandinavien, wo die Wasserdämpfe des Golfstroms in einer kurzer Frist Höhenunterschiede von Tausenden von Metern bezwingen, geht der Auffüllungsprozess der Firnfelder viel rascher vor sich als in den Alpen. Die Amplituden von MILANKOVIČ sind nicht nur zweifellos richtig berechnet worden, sondern reichen auch zum Entstehen von Vereisungen aus. Sie haben Inlandeisdecken von grosser Mächtigkeit und Eisplateaus von riesiger Ausbreitung entstehen lassen. Die Wirkung der glazialen Schwankungen ist also sozusagen «orogenetisch» geartet.

Die PILGRIMsche Tabelle reicht, wie bekannt, um 400 000 Jahre ins Pliozän hinein. Man kann daher den solaren Klimatypenkalender an Hand dieser Tabelle auch auf die Schlussphase des Pliozäns erweitern, indem man nur die Zeitpunkte mit $\varepsilon = 23°17'$ und $e \sin \pi = 0$ (d. h. $\pi = 180°$ bzw. $360°$) in die PILGRIMsche Tabelle einsetzt. Es gibt 20 solche Zeitpunkte für ε, weitere 41 für $e \sin \pi$, es müssen also insgesamt 61 Angaben hinzugefügt werden. Die Interpolation dieser Werte ist linear durchzuführen, da die Kurven $\Delta\varepsilon$ und

Tabelle II

Beginn des Klimatyps	Solarer Klimatypus	Dauer des Klimatyps	Amplitude in kanonischen Einheiten	Nummer der limonitisierten Lösshorizonte
— 5 700	subtropisch eisfrei	5 700	136	
— 11 300	antiglazial «	5 600	428	
— 16 300	antiglazial vereist	5 000		
— 17 500	subarktisch «	1 200	45	
— 26 900	Glaziale W_3 «	9 400	456	
— 39 700	subarktisch «	12 800	46	
— 40 300	glazial «	600	0	
— 53 900	subtropisch «	13 600	107	
— 57 200	antiglazial «	3 300	0	
— 66 500	subarktisch «	9 300	109	
— 72 700	Glaziale W_2 «	6 200	546	
— 77 900	Glaziale W_2 eisfrei	5 200		
— 80 800	subarktisch «	2 900	0	1
— 82 800	antiglazial «	2 000	468	
— 88 200	antiglazial vereist	5 400		
— 99 700	subtropisch «	11 500	187	2
— 100 400	antiglazial vereist	700	0	
— 110 600	subarktisch «	10 200	187	
— 117 000	Glaziale W_1 «	6 400	644	
— 122 000	Glaziale W_1 eisfrei	5 000		
— 122 600	subarktisch «	600	0	
— 133 800	antiglazial «	11 200	529	
— 140 500	subtropisch «	6 700	190	
— 146 000	Glaziale RW «	5 500	234	3
— 158 300	subarktisch «	12 300	138	
— 159 800	glazial «	1 500	0	
— 170 200	subtropisch «	10 400	248	
— 179 200	antiglazial vereist	9 000	528	
— 182 000	subarktisch «	2 800	0	
— 192 800	Glaziale R_2 «	10 800	643	
— 201 900	subarktisch «	9 100	399	
— 203 800	antiglazial «	1 900	170	
— 215 800	subtropisch «	12 000	344	4
— 221 300	antiglazial «	5 500	518	
— 226 500	subarktisch «	5 200	170	

Beginn des Klimatyps	Solarer Klimatypus	Dauer- des Klimatyps	Amplitude in kanonischen Einheiten	Nummer der limonitisierten Lösshorizonte
— 232 000	Glaziale R_1 vereist	5 500	676	
— 237 500	Glaziale R_1 eisfrei	5 500		
— 243 200	subarktisch «	5 700	60	
— 249 200	antiglazial «	6 000	250	
— 261 600	subtropisch «	12 400	200	
— 263 700	glazial «	2 100	0	
— 276 200	subarktisch «	12 500	150	
— 284 500	Glaziale MR_4 «	8 300	395	
— 287 500	subtropisch «	3 000	0	
— 297 900	antiglazial «	10 400	550	
— 303 800	subtropisch «	5 900	200	
— 308 000	glazial «	4 200	387	
— 318 300	subarktisch «	10 300	139	
— 325 800	Glaziale MR_3 «	7 500	339	5
— 328 700	subtropisch eisfrei	2 900	0	
— 337 500	antiglazial «	8 800	413	
— 342 500	subtropisch «	5 000	0	
— 346 700	glazial «	4 200	50	
— 355 300	subarktisch «	8 600	100	
— 362 600	Glaziale $MR_2 = M_3$ vereist.....	7300	300	
— 364 700	subtropisch vereist	2 100	0	
— 370 800	antiglazial «	6 100	405	
— 374 700	antiglazial vereist	3900		
— 382 600	subtropisch «	7 900	200	
— 384 700	glazial «	2 100	270	
— 394 600	subarktisch «	9 900	270	
— 404 000	Glaziale $MR_1 = M_3$ vereist.....	9 400	331	
— 405 800	subarktisch «	1 800	0	
— 411 300	antiglazial «	5 500	214	
— 419 200	subtropisch «	7 900	200	
— 426 200	antiglazial «	7 000	235	
— 428 500	subarktisch «	2 300	0	
— 438 800	Glaziale M_2 «	10 300	529	
— 447 600	subarktisch «	8 800	207	
— 449 000	antiglazial «	1 400	0	
— 460 700	subtropisch «	11 700	216	6
— 466 400	antiglazial «	5 700	481	

Beginn des Klimatyps	Solarer Klimatypus	Dauer des Klimatyps	Amplitude in kanonischen Einheiten	Nummer der limonitisierten Lösshorizonte
— 470 300	subarktisch vereist	3 900	50	
— 476 700	Glaziale M_1 «	6 400	601	
— 480 700	Glaziale M_1 eisfrei	4 000		
— 488 500	subarktisch «	7 800	339	
— 491 800	antiglazial «	3 300	100	
— 502 900	subtropisch «	11 100	145	
— 507 800	antiglazial «	4 900	150	7
— 517 500	subarktisch «	9 700	200	
— 528 400	Glaziale GM «	10 900	200	
— 531 000	subtropisch «	2 600	0	
— 538 000	antiglazial eisfrei	7 000	409	
— 543 000	antiglazial vereist	5 000		
— 546 100	subtropisch «	3 100	0	
— 548 100	Glaziale G_2 «	2 000	479	
— 553 700	Glaziale G_2 eisfrei	5 600		
— 564 200	subarktisch «	10 500	365	
— 567 400	glazial «	3 200	460	8
— 574 900	subtropisch «	7 500	498	
— 579 700	antiglazial «	4 800	715	
— 585 000	antiglazial vereist	5 300		
— 587 500	subtropisch «	2 500	0	
— 590 100	Glaziale G_1 «	2 600	550	
— 595 100	Glaziale G_1 eisfrei	5 000		
— 600 000	subarktisch «	4 900	200	

$\Delta(e \sin \pi)$ im 5000jährigen Interwall, wo sie die Zeitachse schneiden, als linear aufgefasst werden können.

Man darf von der grossen zeitlichen Entfernung nicht zurückschrecken, denn obwohl die Kurven der Variablen $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ auch etwas verzerrt werden, trifft diese Zerrung beide Komponenten zugleich, und die Reihenfolge der solaren Klimatypen wird nicht beeinflusst. Auch bezüglich der Amplituden gelangen andersartige Einwirkungen zur Übermacht, und die etwaigen kleineren Fehler dürfen vernachlässigt werden.

Wir teilen die ergänzte PILGRIMsche Tabelle (Tab. III) mit. Der solare Klimatypenkalender lässt sich daraus mit Leichtigkeit derart ableiten, dass man alle Daten heraushebt, wo $\Delta\varepsilon$ oder $\Delta(e \sin \pi)$ das Vorzeichen gewechselt, d. h. die Zeitachse geschnitten hat. Die Heraushebung wird durch

Tabelle III

Die Tabelle von PILGRIM *über die* 400 000 *Jahre des Spätpliozäns, erweitert mit den Daten mit* $\varepsilon = 23°17'$ *und* $\pi = 180°$ *und* $360°$

Datum 0 = 1800 u. Z.	ε	$\Delta\,\varepsilon$ −	$\Delta\,\varepsilon$ +	e	π	Δ(e sin π −	Δ(e sin π +
— 600 000	22°46′	—		0,0270	252°		+
— 603 200		—			180°	—	+
— 604 900	23°17′	—	+			—	
— 605 000	23°18′		+	0,0208	154°	—	
— 608 100	23°37′		+	0,0177	90°	—	
— 610 000	23°48′		+	0,0159	51°	—	
— 612 900			+		360°	—	+
— 615 000	23°55′		+	0,0135	298°		+
— 616 200	23°54′		+	0,0134	270°		+
— 620 000	23°47′		+	0,0146	183°		+
— 620 900			+		180°	—	+
— 624 400	23°22′		+	0,0177	90°	—	
— 624 800	23°17′	—	+			—	
— 625 000	23°19′	—		0,0181	72°	—	
— 628 600		—			360°	—	+
— 630 000	22°52′	—		0,0229	337°		+
— 633 500	22°47′	—		0,0263	270°		+
— 635 000	22°47′	—		0,0278	241°		+
— 638 400		—			180°	—	+
— 640 000	22°55′	—		0,0320	148°	—	
— 643 200	23°10′	—		0,0335	90°	—	
— 644 900	23°17′	—	+			—	
— 645 000	23°18		+	0,0343	57°	—	
— 647 900			+		360°	—	+
— 650 000	23°39′		+	0,0356	328°		+
— 653 300	23°43′		+	0,0362	270°		+
— 655 000	23°42′		+	0,0363	239°		+
— 657 900			+		180°	—	+
— 660 800	23°20′		+	0,0361	150°	—	
— 664 900	23°17′	—	+	0,0356	90°	—	
— 665 000	23°13′	—		0,0354	59°	—	
— 667 800		—			360°	—	+
— 670 000	22°54′	—		0,0340	327°		+
— 673 100	22°51′	—		0,0322	270°		+
— 675 000	22°52′	—		0,0312	238°		+
— 677 800		—			180°	—	+
— 680 000	23°01′	—		0,0281	138°	—	
— 682 500	23°13′	—		0,0270	90°	—	
— 683 000	23°17′	—	+			—	
— 685 000	23°25′		+	0,0259	41°	—	
— 687 000			+		360°	—	+
— 690 000	23°47′		+	0,0244	303°		+
— 691 700	23°49′		+	0,0242	270°		+
— 695 000	23°49′		+	0,0241	203°		+
— 696 500			+		180°	—	+
— 700 000	23°39′		+	0,0252	104°	—	
— 700 700	23°35′		+	0,0256	90°	—	
— 702 000	23°17′	—	+			—	
— 705 000	23°09′	—		0,0276	6°	—	
— 705 600		—			360°	—	+
— 710 000	22°42′	—		0,0306	270°		+
— 714 600		—			180°	—	+

Datum 0 = 1800 u. Z.	ε	$\Delta\varepsilon$ −	$\Delta\varepsilon$ +	e	π	$\Delta(e \sin \pi)$ −	$\Delta(e \sin \pi)$ +
— 715 000	22°37′	−		0,0335	176°	−	
— 719 700	22°49′	−		0,0360	90°	−	
— 720 000	22°50′	−		0,0362	83°	−	
— 724 300	23°17′	−	+			−	
— 724 900	23°18′		+	0,0370	360°	−	+
— 725 000	23°22′		+	0,0385	354°		+
— 729 800	23°51′		+	0,0402	270		+
— 730 000	23°52′		+	0,0402	266°		+
— 734 900			+		180°	−	+
— 735 000	23°58′		+	0,0411	179°	−	
— 740 000	23°49′		+	0,0409	93°	−	
— 740 200	23°49′		+	0,0409	90°	−	
— 745 000	23°28′		+	0,0398	5°	−	
— 745 400			+		360°	−	+
— 747 500	23°17′	−	+				+
— 750 000	22°53′	−		0,0376	278°		+
— 750 500	22°52′	−		0,0373	270°		+
— 755 000	22°40′	−		0,0343	190		+
— 755 900	22°29′	−			180°	−	+
— 760 000	22°40′	−		0,0300	103°	−	
— 760 800	22°43′	−		0,0292	90°	−	
— 765 000	23°01′	−		0,0247	17°	−	
— 765 900		−			360°	−	+
— 767 900	23°17′	−	+		350°		+
— 770 200	23°29′		+	0,0186	288°		+
— 771 000	23°33′		+	0,0169	270°		+
— 775 000	23°50′		+	0,0103	200°		+
— 776 000			+		180°	−	+
— 780 000	23°59′		+	0,0044	96°	−	
— 780 100	23°58′		+	0,0043	90°	−	
— 782 300			+		360°	−	+
— 784 500	23°41′		+	0,0023	270°		+
— 785 000	23°39′		+	0,0048	248°		+
— 788 500			+		180°	−	+
— 790 000	23°12′		+	0,0128	145°	−	
— 791 000	23°17′	−	+			−	
— 792 800	22°59′	−		0,0173	90°	−	
— 795 000	22°49′	−		0,0206	47°	−	
— 798 100		−			360°	−	+
— 800 000	22°38′	−		0,0295	326°		+
— 803 200	22°50′	−		0,0348	270°		+
— 805 000	22°58′	−		0,0378	238°		+
— 806 000	23°17′	−	+				+
— 808 300			+		180°	−	+
— 810 000	23°25′		+	0,0455	152°	−	
— 813 700	23°37′		+	0,0501	90°	−	
— 815 000	23°41′		+	0,0517	67°	−	
— 818 200			+		360°	−	+
— 820 000	23°46′		+	0,0568	343°		+
— 824 300	23°31′		+	0,0605	270°		+
— 825 000	23°28′		+	0,0611	257°		+
— 827 900			+		180°	−	+
— 828 100	23°17′	−	+			−	
— 830 000	23°06′	−		0,0641	170°	−	
— 834 400	22°58′	−		0,0653	90°	−	
— 835 000	22°57′	−		0,0654	84°	−	

Datum 0 = 1800 u. Z.	ε	$\Delta\varepsilon$ −	$\Delta\varepsilon$ +	e	π	Δ(e sin π) −	Δ(e sin π) +
— 839 900		−			360°	−	+
— 840 000	22°57′	−		0,0653	287°		+
— 845 000	23°10′	−		0,0635	271°		+
— 845 100	23°11′	−		0,0634	270°		+
— 847 000	23°17′	−	+				+
— 850 000	23°28′		+	0,0600	185°		+
— 851 100			+		180°	−	+
— 855 000	23°38′		+	0,0550	100°	−	
— 855 600	23°39′		+	0,0542	90°	−	
— 860 000	23°40′		+	0,0486	15°	−	
— 861 300			+		360°	−	+
— 865 000	23°27′		+	0,0409	290°		+
— 866 200	23°22′		+	0,0387	270°		+
— 868 000	23°17′	−	+				+
— 870 000	23°08′	−		0,0321	206°		+
— 872 000		−			180°	−	+
— 875 000	22°49′	−		0,0216	117°	−	
— 876 900	22°42′	−		0,0182	90°	−	
— 880 000	22°40′	−		0,0127	44°	−	
— 885 000	23°00′	−		0,0043	8°	−	
— 888 000	23°17′	−	+			−	
— 890 000	23°28′		+	0,0099	7°	−	
— 890 700			+		360°	−	+
— 895 000	23°54′		+	0,0196	294°		+
— 896 000	24°03′		+	0,0226	270°		+
— 900 000	24°07′		+	0,0291	214°		+
— 902 500			+		180°	−	+
— 905 000	23°41′		+	0,0378	131°	−	
— 907 500	23°24′		+	0,0417	90°	−	
— 909 000	23°17′	−	+			−	
— 910 000	23°05′	−		0,0456	46°	−	
— 912 700		−			360°	−	+
— 915 000	22°38′	−		0,0521	320°		+
— 917 900	22°27′	−		0,0550	270°		+
— 920 000	22°26′	−		0,0572	232°		+
— 922 200		−			180°	−	+
— 925 000	22°50′	−		0,0607	145°	−	
— 928 200	23°11′	−		0,0619	90°	−	
— 929 000	23°17′	−	+			−	
— 930 000	23°23′		+	0,0626	58°	−	
— 933 500			+		360°	−	+
— 935 000	23°49′		+	0,0629	333°		+
— 938 600	24°01′		+	0,0621	270°		+
— 940 000	24°02′		+	0,0617	247°		+
— 944 900			+		180°	−	+
— 945 000	23°49′		+	0,0592	162°	−	
— 949 300	23°29′		+	0,0559	90°	−	
— 950 000	23°25′		+	0,0554	78°	−	
— 953 000	23°17′	−	+			−	
— 954 100		−			360°	−	+
— 955 000	22°59′	−		0,0504	351°		+
— 959 600	22°40′	−		0,0448	270°		+
— 960 000	22°39′	−		0,0444	263°		+
— 964 700		−			180°	−	+
— 965 000	22°43′	−		0,0377	174°	−	
— 969 700	22°59′	−		0,0308	90°	−	
— 970 000	23°00′	−		0,0305	85°	−	

Datum 0 = 1800 u. Z.	ε	$\Delta\,\varepsilon$ —	$\Delta\,\varepsilon$ +	e	π	$\Delta\,(e \sin \pi)$ —	$\Delta\,(e \sin \pi)$ +
— 972, 000	23°17′	—	+			—	
— 974, 900			+		360°	—	+
— 975, 000	23°30′		+	0,0228	358°		+
— 979, 600	23°53′		+	0,0161	270°		+
— 980, 000	23°55′		+	0,0156	263°		+
— 983, 500			+		180°	—	+
— 985, 000	23°53′		+	0,0093	145°	—	
— 987, 200	23°46′		+	0,0069	90°	—	
— 990, 000	23°36′		+	0,0059	21°	—	
— 993, 400	23°17′	—	+	0,0059	360°	—	+
— 994, 200	23°09′	—		0,0084	270°		+
— 995, 000		—			248°		+
— 998, 600	23°03′	—		0,0095	180°	—	+
— 1.000, 000	22°37′	—		0,0150	145°	—	

die selbständige Vorzeichenspalte erleichtert. Auf diese Weise kommt der solare Klimatypenkalender für das Spätpliozän (Tab. IV) zustande.

Unser solarer Klimatypenkalender für das Spätpliozän stimmt hinsichtlich der Reihenfolge der Zeitelemente vollkommen mit der Strahlungskurve von

Tabelle IV

Solarer Klimatypenkalender des Spätpliozäns für die Jahre —600 000 *bis* —1 000 000

Beginn des Klimatyps	Solarer Klimatyp	Dauer des Klimatyps	Beginn des Klimatyps	Solarer Klimatyp	Dauer des Klimatyps
— 603 200	subarktisch (Bruchstück)	3 200	— 798 100	glazial	6 600
— 604 900	glazial	1 700	— 808 000	subarktisch	9 900
— 612 900	subtropisch.....	8 000	— 818 200	subtropisch.....	10 200
— 620 900	antiglazial.....	8 000	— 827 900	antiglazial.....	9 700
— 624 800	subtropisch.....	3 900	— 839 900	glazial (Staufenberger)	12 000
— 628 600	glazial	3 800	— 847 000	subarktisch.....	7 100
— 638 400	subarktisch.....	9 800	— 851 100	antiglazial.....	4 100
— 644 900	glazial (Donau$_3$) ..	6 500	— 861 300	subtropisch.....	10 200
— 647 900	subtropisch.....	3 000	— 872 100	antiglazial.....	10 800
— 657 900	antiglazial.....	10 000	— 880 500	glazial	8 400
— 664 900	subtropisch.....	7 000	— 885 000	subarktisch.....	4 500
— 667 800	glazial	2 900	— 888 000	glazial	3 000
— 677 800	subarktisch.....	10 000	— 890 700	subtropisch.....	2 700
— 683 000	glazial	5 200	— 902 500	antiglazial.....	11 800
— 687 000	subtropisch.....	4 000	— 909 000	subtropisch.....	6 500
— 696 500	antiglazial.....	9 500	— 913 700	glazial	4 700
— 702 000	subtropisch.....	5 500	— 922 100	subarktisch.....	8 400
— 705 600	glazial	3 600	— 929 600	glazial (Ottobeurener)	7 500
— 714 600	subarktisch.....	9 000	— 933 500	subtropisch.....	3 900
— 724 300	glazial (Donau$_2$) ..	9 700	— 944 900	antiglazial.....	11 400
— 724 900	subtropisch.....	600	— 953 000	subtropisch.....	8 100
— 735 000	antiglazial.....	10 100	— 954 100	glazial	1 100
— 745 400	subtropisch.....	10 400	— 964 700	subarktisch.....	10 600
— 747 500	antiglazial.....	2 100	— 972 000	glazial	7 300
— 755 900	subarktisch.....	8 400	— 974 900	subtropisch.....	2 900
— 765 900	glazial (Donau$_1$) ..	10 000	— 983 500	antiglazial.....	8 600
— 770 000	subarktisch.....	4 100	— 993 000	subtropisch.....	9 500
— 776 000	antiglazial.....	6 000	— 998 600	glazial	1 400
— 782 300	subtropisch.....	6 300	— 1000 000	subarktisch.....	5 600
— 788 500	antiglazial.....	6 200			
— 791 500	subtropisch.....	3 000			

MILANKOVIČ überein. Hingegen weisen die Werte der Amplituden gewisse Abweichungen auf. MILANKOVIČ merkt an, dass die Ergebnisse seiner Berechnungen für diese Zeit schon weniger genau sind. Unsere Berechnungen beruhen ausschliesslich auf der PILGRIMschen Grundlage : demgemäss sind die Ergebnisse wahrscheinlich präziser.

Die Erkenntnis von MILANKOVIČ über die Strahlungskurve der Prägünz ist jedoch viel wesentlicher als die genannten kleineren Abweichungen. Dieses Kurvenstück weist ganz andersartige Merkmale auf als die Strahlungskurve des Quartärs : «Mit dem Fortschreiten über das Günzstadium nimmt die Strahlungskurve ein verändertes Aussehen an» [7]. MILANKOVIČ beschreibt jedoch nicht eingehender, worin diese wesentliche Veränderung besteht und hat sich damit wahrscheinlich auch nicht weiter beschäftigt, denn sonst hätte er schon längst den Weg zur Lösung des «Neuen Problems» gefunden.

4

Wenn man zum ersten Mal die zeitliche Verteilung der vier solaren Klimatypen im Laufe des Pleistozäns bzw. Spätpliozäns ins Auge fasst, findet man vorerst keine Besonderheit. Die Gesamtdauer der vier solaren Klimatypen war hier wie dort ungefähr gleich.

Die Verteilung der 600 000 Jahre des Pleistozäns unter den vier solaren Klimatypen

22	glaziale	Klimaschwankungen	mit	der	Gesamtdauer	von	156 700 Jahren,
20	subtropische	«	«	«	«	«	145 500 «
20	antiglaziale	«	«	«	«	«	134 700 «
23	subarktische	«	«	«	«	«	163 100 «
85	Typen				insgesamt		600 000

Die Verteilung der 400 000 Jahre des Spätpliozäns unter den vier solaren Klimatypen

17	glaziale	Klimaschwankungen	mit	der	Gesamtdauer	von	95 400 Jahren
18	subtropische	«	«	«	«	«	105 700 «
13	antiglaziale	«	«	«	«	«	108 300 «
12	subarktische	«	«	«	«	«	90 600 «
60	Typen				insgesamt		400 000 «

Die annähernd gleichmässige zeitliche Verteilung der vier Klimatypen ist naheliegend, denn weder die Periode von $\Delta\varepsilon$, noch jene von $\Delta(e \sin \pi)$ hat sich verändert. Ihre Vorzeichen wechselten daher mit konstantem Rhythmus ab.

Wenn man jedoch die Amplituden der glazialen Schwankungen vergleicht, d. h. die Perioden mit den Jahr für Jahr eintretenden kühlen Sommern unter-

sucht, so wird man einen erheblichen Unterschied zwischen den glazialen Schwankungen des Spätpliozäns und Quartärs bemerken.

Von den 22 glazialen Schwankungen des Quartärs haben 9 den KÖPPENschen Schwellenwert erreicht. Periglaziale und pseudoperiglaziale Gebiete bildeten sich an der Periphere der entstandenen Eisdecken von den Westküsten Europas bis zum Ural ; die KÖPPENsche Klimarevolution trat ein, und demzufolge entfaltete sich ein trocken-kaltes Klima. Das pseudoperiglaziale Gebiet wurde mit trocken-kalter Heidenlandschaft bedeckt. Die klimatische Revolution blieb bestehen, bis die skandinavische Eisdecke von einer antiglazialen Schwankung von hinreichender Intensität zerstört wurde. Die eiszerstörende Wirkung der antiglazialen Schwankungen wird teils durch die Wärme ihrer Sommer, teils durch die Härte ihrer Winter erklärt.

Andererseits gab es keine unter den 17 spätpliozänen glazialen Schwankungen, die den KÖPPENschen Schwellenwert erreicht hätte. Folglich konnte eine ausschlieslich durch die Inlandeiswirkung bedingte klimatische Revolution nicht zustandekommen. Die fünf markantesten alpinen Vereisungen des Spätpliozäns — die Ottobeurener, Staufenberger, Donau $_{1-2-3}$-Phasen führen im Schrifttum auch den Namen Glazialperiode : sie waren jedoch in Wirklichkeit bloss «alpine» Glazialen. Eine Klimarevolution ist von keinem unter ihnen verursacht worden.

Die aus dem Atlantik herströmenden feuchten Luftmassen sind in den Glazialperioden des Quartärs in das Mittelmeergebiet («pluviale Zone») hinabgedrängt worden. Nördlich davon setzte die fortdauernde Herrschaft der trocken-kalten Luftmassen nordöstlicher Herkunft mit einem entsprechend trocken-kalten Klima ein («pseudoperiglaziales Gebiet»).

Der grosse Unterschied zwischen Spätpliozän und Quartär besteht darin, dass von den 600 000 Jahren des Quartärs 283 800 unter Inlandeiswirkung gestanden haben, und die feuchten Luftmassen aus dem Atlantik nur in den übrigen 316 200 frei nach Europa vorstossen konnten. Dagegen stand während all den 400 000 Jahren des Spätpliozäns den atlantischen Luftmassen die Bahn nach Europa frei.

5

Die physikalische Erklärung der grossen Unterschiede zwischen Spätpliozän und Quartär liegt darin, dass im Quartär ein beträchtlicher Teil der solaren Wärmeenergie beim Aufbau und später beim Verschmelzen der vielen Millionen Kubikkilometer des skandinavischen Inlandeises verloren ging. Die grosse nördliche Eisdecke übte zur Zeit ihrer Existenz eine Wirkung Hand in Hand mit der Schwerkraft aus ; ihre gemeinsame Wirkung betrug im periglazialen Gebiet ungefähr das Dreifache der Sonnenwärme. Die Energievorräte, von denen die Inlandeiswirkung in beschränktem Raume zehrte, sind von der glazialen Schwankung durch zehntausend Jahre auf grossem Gebiet gesam-

melt worden. Die Aufschmelzung der grossen Gletscher hat dann von neuem einen bedeutenden Teil der Sonnenstrahlung aufgebraucht.

Eine derartige Verschwendung der Sonnenenergie war im Pliozän unbekannt. Wir erhalten durch den Vergleich des quartären und spätpliozänen Flora- und Faunabildes den Eindruck, als ob das Pliozän eine wärmere Periode gewesen wäre. Wenn das für die unterste Schicht der Troposphäre auch richtig sein mag, darf man daraus doch nicht auf grössere Werte der Solarkonstante schliessen, denn diese — 2 g cal/cm² min. — war und blieb gewiss auch für viel längere Zeiten konstant.

Der Eindruck eines wärmeren Klimas im Spätpliozän wurde grösstenteils dadurch erweckt, dass in Mangel einer Inlandeswirkung die glazialen und subtropischen Schwankungen einander gegenseitig verstärkten, besonders wenn sie unmittelbar aufeinander folgten. Beide Schwankungstypen sind nämlich durch nicht allzu heisse Sommer und nicht allzu strenge Winter gekennzeichnet. Es bestand zwischen ihnen nur der Unterschied, dass bei der glazialen die Kühle des Sommers die Milde des Winters übertraf und bei der subtropischen umgekehrt. Der Eindruck, dass das spätpliozäne Klima wärmer war als das gegenwärtige, ist durch die 20 000 Jahre dauernde Zusammenwirkung der glazialen und subtropischen Typen gesteigert worden.

6

Nun entsteht die Frage, warum keine der spätpliozänen glazialen Schwankungen den KÖPPENschen Schwellenwert erreicht hat.

Wir müssen bei der Antwort auf die Gründe der Perturbationsrechnung zurückgreifen.

1930 stellte MIŠKOVIČ [10] die Frage, «ob die Bahnebenen der Planeten in der fernen astronomischen Vergangenheit dieselbe Position im Verhältnis zueinander einnahmen wie heute». Die Antwort auf die eigene Frage hat er aber nicht gegeben — einfach weil er die Berechnung bei —650 000 Jahren unterbrach. Wir können jedoch unser Ziel nicht weiter verfolgen, solange diese Frage unbeantwortet bleibt.

Die richtige Antwort lautet unserer Meinung nach folgendermassen: Das Sonnensystem befand sich vor dem Quartär in einem «normalen» Zustand. Die Neigunswinkel zwischen den Bahnebenen der Planeten waren geringer, die aszendenten Knotenpunkte waren nicht in einem sog. «bevorzugten» Kreisquadranten zusammengedrängt. Dementsprechend war auch die Schwankung der ekliptischen Ebene geringer, und die Veränderungen der Exzentrizität nahmen einen grösseren Teil der Störungskräfte in Anspruch.

Mit dem Beginn des Quartärs jedoch trat im Sonnensystem ein «abnormaler» Zustand ein. Die Neigungswinkel der planetaren Bahnebenen zur Grundebene des Sonnensystems nahmen um die Hälfte zu; die aszendenten Knotenpunkte häuften sich in einem bestimmten «bevorzugten» Kreisquadraten

an. Dieser Prozess nahm den grösseren Teil der Störungskraft in Anspruch, und es blieb weniger für die Veränderungen der Exzentrizität übrig.

Wir haben die beiden grundlegenden Zustände des Sonnensystems als «normal» bzw. «abnormal» bezeichnet, weil der erstere viel länger dauerte, als der zweite dauern wird ; andrerseits besass die Bildkurve des aszendenten Knotenpunktes der Erde in der fernen Vergangenheit definitionsgemäss die Form einer Tangentenkurve $\left(\text{tg } \Theta = \frac{p}{q}\right)$, nahm jedoch seit Beginn des Quartärs die Form einer Sägenschwingung an, die einen bestimmten Kreisquadranten bevorzugt und dadurch das Entstehen von Glazialen ermöglicht.

Die Auswirkung der glazialen Schwankungen hängt davon ab, ob sie den KÖPPENschen Schwellenwert erreicht haben oder nicht. Wir müssen uns deshalb zunächst dem Problem des Schwellenwertes zuwenden.

7

Um dieses Problem richtig lösen zu können, müssen wir vor allem die Berechnung und Darstellung des KÖPPENschen Schwellenwerts durch MILANKOVIČ beanstanden [7]. Er berechnete den Grenzwert zuerst in g cal und hat sie dann für die verschiedenen Werte der geographischen Breite reduziert. Der KÖPPENsche Schwellenwert wird für 65° der geographischen Breite durch eine gerade Linie dargestellt, die parallel zur Zeitachse bei dem 68° Breitengrad verläuft. Diese Auffassung ist unhaltbar.

Der KÖPPENsche Schwellenwert wird vor allem durch die Eisvorräte bestimmt, die zu Beginn der einzelnen Vereisungen in Skandinavien vorhanden waren und den betreffenden Schwankungen als «Sprungbrett» die nten. Wenn es in Skandinavien eine Eisdecke gab, die die klimatische Revolution allein schon nicht mehr aufrechterhalten konnte, so genügte auch eine schwächere glaziale Interferenz zum Hervorrufen des vereisten Zustandes. Wenn es jedoch keinen Eisvorrat gab, so war eine günstige Interferenz der Wellentäler von $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ und besonders eine genügend grosse Amplitude von $\Delta\varepsilon$ zum Verursachen einer neuen Glaziale nötig.

Die Bildkurve des Schwellenwertes kann also keinesfalls eine zur Zeitachse parallele Gerade sein.

SOERGEL [13] hat die Ausbreitung der Eisdecken mittels Berechnungen auch für die unvereisten Perioden verfolgt. Die erste Bedingung könnte daher auf dieser Grundlage genau angegeben werden. SOERGEL blieb jedoch mit der Publikation seiner Berechnungsmethode schuldig, obwohl er anscheinend mit der richtigen Weg gefunden hat, denn seine angegebene Vereisungskurve ist für die Perioden Günz, Mindel und Riss tadellos, und nur für die «grosse» Interglaziale und für die Interglaziale R—W hat sie sich als völlig falsch erwiesen.

Das Erreichen des KÖPPENschen Schwellenwertes hängt zweitens von der Art der Interferenz ab. Die Schwankung von $\Delta\varepsilon$ verlief im allgemeinen überaus regelmässig. Die volle Periode dauerte 40 000 Jahre, das Wellental nahm davon 20 000 Jahre ein. Die Periode von $\Delta(e \sin \pi)$ war schon nicht so regelmässig : die Wellentäler nahmen meistens 10 000—11 000 Jahre in Anspruch.

Fiel das Wellental von $\Delta\varepsilon$ mit dem Wellental von $\Delta(e \sin \pi)$ zusammen, so kam eine günstige Interferenz zustande : beide Komponenten übten ihre maximale Wirkung aus. Wenn sich das Wellental von $\Delta(e \sin \pi)$ mit der Flankesdes $\Delta\varepsilon$ — Wellentales deckte, so dauerte die Interferenz ebensolange wie im vorigen Falle, aber $\Delta\varepsilon$ kam nur mit verminderter Amplitude zur Geltung : da

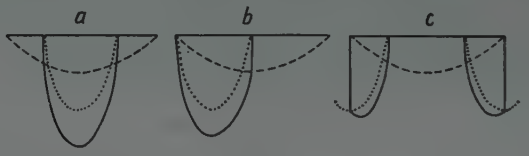


Abb. 1

jedoch im hohen Norden $\Delta\varepsilon$ der bestimmende Faktor ist, konnte die entstandene Interferenz den Schwellenwert nicht erreichen (oder nur wenn das skandinavische «Sprungbrett» besonders gut entwickelt war).

Deckte sich das Wellental von $\Delta(e \sin \pi)$ nur zum Teil mit einem Wellental von $\Delta\varepsilon$, so hat sich auch die Dauer der Interferenz vermindert und die Amplituden der Komponenten gingen grösstenteils verloren.

Die drei Typen der Interferenz sind in Abb. 1 schematisch dargestellt (*a)* günstige, *b)* mittelmässige, *c)* ungünstige Interferenz).

Alle drei Abbildungen zeigen die Interferenz von Wellentälern gleicher Amplitude. Die gestrichelte Kurve zeigt das Wellental von $\Delta\varepsilon$, die punktierte dasjenige von $\Delta(e \sin \pi)$. Die Summe ihrer Ordinaten ergibt die mit laufender Linie gezeichnete Strahlungskurve.

Abb. 1/a zeigt eine günstige Interferenz, bei der beide Faktoren mit maximaler Amplitude zur Geltung kommen ; sie dauert : $e—e' = 10\,000$ Jahre. Ob sie den Schwellenwert erreicht oder nicht, hängt von den Amplituden der Komponenten ab, besonders von derjenigen des $\Delta\varepsilon$, dessen geographischer Faktor ΔW_s in nördlicher Richtung zunimmt. Die Amplitude von $\Delta(e \sin \pi)$ ist nicht so ausschlaggebend, da der geographische Faktor m des letzteren in nördlicher Richtung abnimmt und folglich bei der Entwicklung der skandinavischen Eisdecke von geringer Bedeutung ist.

Die wirksamste glaziale Interferenz der letzten 1 000 000 Jahre war das in —234 000 kulminierende R_1. Sein $\Delta\varepsilon$-Wert betrug —1,315° und dauerte 11 000 Jahre. Die wirksamste Interferenz des Spätpliozäns war die Staufenberger Phase. Sie kulminierte im Jahre —840 000 und dauerte 12 000 Jahre, hat aber

den KÖPPENschen Schwellenwert doch nicht erreichen können, denn ihre $\Delta\varepsilon$-Amplitude betrug bloss 0,333°. Ausserdem kam diese geringere Amplitude auch nicht voll zur Geltung, weil die Form der Interferenz der Abb. 1/b ähnlich war.

Die Interferenzart in Abb. 1/c, wo zwei Wellentäler von $\Delta(e \sin \pi)$ ein Wellental von $\Delta\varepsilon$ untereinander aufteilen, ist überaus häufig (MR_2, MR_3, MR_4).

Ob die Interferenz günstig oder ungünstig ist, wurde durch die Tatsache, dass MILANKOVIČ den Faktoren ΔW_s und m veränderliche Werte zuschrieb, noch nicht gekennzeichnet. Das wird durch die drei obenstehenden Abbildungen einwandfrei bewiesen, da dort Interferenzen von verschiedener Intensität aus $\Delta\varepsilon$- und $\Delta(e \sin \pi)$-Komponenten von gleicher Amplitude entstehen. Man muss folglich beim Beurteilen der Interferenzen vom Gesichtspunkt der kritischen Grösse die Wirksamkeit der schwächeren Interferenzen mit einem gewissen Prozentsatz vermindern.

Endlich muss man noch die Verunreinigung der Atmosphäre in Betracht ziehen. Die hohen Luftschichten waren zu normalen Zeiten über den bewaldeten Erdteilen weniger kontaminiert als z. B. in der zweiten bzw. dritten Phase der Quartärvereisungen : die glazialen Interferenzen konnten deshalb im ersten Falle den KÖPPENschen Schwellenwert viel schwerer erreichen als im zweiten, wo auch die Verunreinigung der hohen Luftschichten mithalf.

All dies kommt darauf hinaus, dass der in Grammkalorien oder kanonischen Einheiten ausgedrückte KÖPPENsche Schwellenwert eine von Fall zu Fall veränderliche Grösse ist, die in jedem einzelnen Fall unabhängig beurteilt werden muss. Die glaziale Interferenz musste im allgemeinen 450—500 kanonische Einheiten betragen, um den KÖPPENschen Schwellenwert erreichen zu können.

8

Das Sonnensystem trat am Ende des Pliozäns in einen ausserordentlichen Zustand. Die aszendenten Knotenpunkte der gesamten Hauptplaneten sammelten sich in einem einzigen Kreisquadranten zusammen. Der sogenannte «bevorzugte» Kreisquadrant hat sich entwickelt.

Wenn man eine in Lehrbüchern der Astronomie oder Enzyklopädien übliche Übersichtstabelle des Sonnensystems betrachtet, so fällt es sofort auf, dass die aszendenten Knotenpunkte aller Hauptplaneten in einem einzigen Kreisquadranten liegen. Dieser Quadrant liegt vom Frühlingspunkte aus gemessen zwischen den Längen 45° und 135°, was auf dem Tierkreis dem Quadranten der Sternbilder Stier, Zwillinge und Krebs entspricht.

Diese auffallende Tatsache wird selbst von den besten astronomischen Lehrbüchern verschwiegen, als wäre es ein bedeutungsloser Zufall, obwohl die anderhalbfache Zunahme der Neigungswinkel der Hauptplaneten gegenüber

den früheren Zeiten gerade auf diese Erscheinung zurückzuführen ist. Die zur ekliptischen Ebene normale Komponente der Störkraft wuchs infolge der Zunahme der Neigungswinkel, und die andere Komponente, die parallel zur ekliptischen Ebene wirkt, nahm entsprechend ab.

Wenn man nur die 7 Hauptplaneten betrachtet, so erweist sich das Sonnensystem als eine überaus flache Konfiguration. Man könnte diese nach entsprechender Verkleinerung in eine Tortenschachtel unterbringen, die bei 20 cm Radius nicht höher als 1—2 cm sein müsste, denn die Inklination des Neptuns beträgt bloss 1° 47', und die mittlere Entfernung der übrigen Planeten ist um so viel kleiner, dass sie auch bei der grösstmöglichen, durch Perturbation verursachten Inklination bequem in der Schachtel Platz fänden.

Legen wir nun eine zur Grundebene des Sonnensystems normale Bildebene

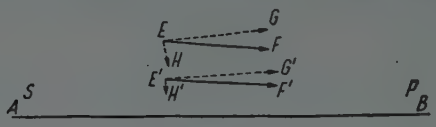


Abb. 2

durch die Sonne und durch den Schwerpunkt der 7 Hauptplaneten, die die Erde perturbieren, und warten ab, bis die Erde in ihrem jährlichen Kreislauf diese Ebene durchstösst, dann erhalten wir folgendes Bild über die Wirkung der Störkraft auf die Erdbahn (Abb. 2).

Unsere Bildebene soll die Grundebene des Sonnensystems in der Linie AB schneiden. Die Sonne S soll in grosser Entfernung in der Richtung A liegen : der gemeinsame Schwerpunkt P der 7 übrigen Hauptplaneten befindet sich dagegen in der Richtung B. Dann wirkt auf die Erde im Punkte E die Störkraft EF. Diese Kraft lässt sich in die Komponenten EG und EH zerlegen, wobei EG die Exzentrizität der Erdbahn vergrössern will, und EH die ursprüngliche Inklination derselben zu verändern trachtet.

Die Erde wird infolge der Störwirkung die Bildebene demnächst im Punkte E' durchstossen. Hier wird die Störkraft die Komponenten E'G' und E'H' abgeben. Da der Winkel G'E'F' kleiner ist als der Winkel GEF, wird sich E'H' gegenüber EH vermindern, E'G' dagegen gegenüber EG vergrössen.

Wenn man nun die Bildkurven von $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ gesondert für die 400 000 Jahre des Spätpliozäns und für die 600 000 Jahre des Quartärs aufzeichnet, zeigt ihr Vergleich augenfällig, dass die Variation von $\Delta\varepsilon$ im Quartär zunahm, jene von $\Delta(e \sin \pi)$ dagegen abnahm.

9

Es gibt also Perioden, in denen bei der ersten Verteilung der Störkräfte ε bevorzugt und e benachteiligt wird, und es gibt andere Zeitspannen, in denen

ε im Vorteil gegenüber e ist. Dieser Unterschied lässt sich auch an Hand der PILGRIMschen Tabelle (Tab. III) beweisen.

Die Periode von $\Delta\varepsilon$ beträgt, wie bekannt, 40 000 Jahre ; folglich stehen uns im Spätpliozän 10 Maxima und 10 Minima zur Verfügung. Ähnlich kommen im Quartär 15 Maxima und ebensoviele Minima vor. Ihre Amplituden werden in untenstehender Tabelle verglichen.

Man sieht, dass die Variation von $\Delta\varepsilon$ im Spätpliozän nur $\pm$ 36' betrug, während sie im Quartär auf $\pm$55', also um die Hälfte, zunahm.

Die Exzentrizität kann definitionsgemäss keine negativen Werte aufnehmen. Es können also nur ihre Maximalwerte verglichen werden. Wir haben im Spätpliozän 4, im Quartär 7 Maxima.

Der Durchschnittswert der Exzentrizität sank also von 0,0514 im Spätpliozän auf 0,0371 im Quartär.

Die Feststellung des PENCKschen «Neuen Problems», laut der sich die Bahnelemente der Erde immer in konstanter Weise geändert haben, ist nach obigem unhaltbar. Die Schwankung von $\Delta\varepsilon$ beträgt im Quartär anderthalbmal soviel wie im Spätpliozän, wogegen die Variation von e im Pliozän intensiver war und seitdem im Verhältnis 514 : 371 abnahm. Daraus folgt, dass in Anbetracht der geographischen Faktoren ΔW_s und m die glaziale Interferenz im Pliozän den KÖPPENschen Schwellenwert schwieriger erreichen konnte als im Quartär.

Die Feststellung von PENCK wird erst annehmbar, wenn man sie so formuliert, dass die Häufigkeit der glazialen Schwankungen im Mesozoikum und Tertiär dieselbe sein musste wie im Quartär. Der Satz steht in dieser Form nicht in Widerspruch mit der MILANKOVIČ-Theorie. Es gab auch vor dem Quartär glaziale Schwankungen : diese haben jedoch den KÖPPENschen Schwellenwert niemals erreicht und lediglich milde alpine Vereisungen verursacht.

Amerika wird absichtlich ausser acht gelassen : was für Europa gilt, trifft auch dort zu, und die etwaigen Abweichungen der Vereisungskurve haben ihren guten geographischen Grund.

10

Wir wollen nun auf ein von astronomischer Seite aufgetauchtes Bedenken gegenüber der MILANKOVIČ-Theorie eingehen, das besonders nach dem Erscheinen des auf den PILGRIMschen Tabellen begründeten KÖPPEN—WEGENERschen Werkes von mehreren Seiten ausgesprochen wurde. PILGRIM übernahm seine Formeln und Konstanten aus dem Werk von STOCKWELL [14] : diese beziehen sich auf die Epoche von 1850. STOCKWELL benutzte die Masse und mittlere Distanz der Planeten laut Angaben von 1860. Diese Werte benötigen, wie wir heute wissen, mehrere Berichtigungen. MILANKOVIČ beauftragte deshalb MIŠKOVIČ, die veränderlichen Bahnelemente der Erde auf

Tabelle V

Maximal- und Minimalwerte von ε

Aus dem Spätpliozän		Aus dem Quartär	
Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
23° 55′	22° 37′	24° 06′	22° 34′
24° 02′	22° 39′	24° 06′	22° 25′
24° 07′	22° 26′	23° 53′	22° 37′
23 °40′	22° 40′	24° 05′	22° 38′
23° 46′	22° 57′	24° 15′	22° 22′
23° 59′	22° 38′	24° 16′	22° 18′
23° 58′	22° 39′	24° 11′	22° 18′
23° 49′	22° 37′	24° 02′	22° 31′
23° 43′	22° 51′	24° 28′	22° 22′
23° 55′	22° 47′	24° 25′	22° 00′
		24° 06′	22° 23′
		24° 18′	22° 24′
		24° 18′	22° 15′
		24° 15′	22° 14′
		24° 14′	22° 10′
238° 54′	226° 54′	362° 58′	335° 31′
Durchschnitt 23° 33′	22° 41′	Durchschnitt 24° 12′	22° 22′
Grundwert 23° 17′	23° 17′	Grundwert 23° 17′	23° 17′
Variation +0° 36′	−0° 36′	Variation +0° 55′	−0° 55′

Tabelle VI

Exzentrizität

Maxima des Spätpliozäns	Maxima des Quartärs
—	0,0522
—	0,0433
—	0,0221
0,0629	0,0360
0,0654	0,0462
0,0411	0,0407
0,0363	0,0196
0,2057, Durchschnitt 0,0514	0,2601, Durchschnitt 0,0371

Grund der modernen Massenangaben der Planeten zu berechnen. Die 1930 erschienene Mathematische Klimalehre [7] stand bereits auf der Basis der MIŠKOVIČschen Berechnungen.

Um einen Überblick über unsere Kenntnisse von den Planeten zu erhalten, teilen wir die Angaben der Lehrbücher von STOCKWELL, MISKOVIČ und STRÖMGREEN mit. (Reziprokwerte, bezogen auf die Sonnenmasse als Einheit.)

Tabelle VII

Massen der Hauptplaneten

	Merkur	Venus	Erde	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun
Stockwell ...	4.865,750	390,000	368,689	2,680,637	1,047	3,501	24,905	18,780
Miskovič ...	7.500,000	404,000	328,000	3,085,000	1,047	3,501	22,869	19,380
Strömgreen .	10,000,000	408,000	332,270	3,093,500	1,047	3,501	22,869	19,700

Der STOCKWELLsche Wert des Merkurs erscheint zweifelsohne ausserordentlich ungenau. Man darf jedoch nicht ausser acht lassen, dass die Umlaufszeit des Merkurs nur 88 Tage, die Periode seiner sinodischen Konjunktion mit der Erde nur 116 Tage beträgt. Der Einfluss dieses Berechnungsfehlers macht sich also nur in der Form einer Tremulation von 116- bzw. 58tägiger Periode bemerkbar. In Anbetracht der Hunderttausenden von Jahren, mit denen wir in unseren Beobachtungen zu tun haben, kann diese Tremulation, besonders in Hinsicht auf die kleine Masse des Merkurs, vernachlässigt werden. Die Wellenberge und Wellentäler von $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ werden auch nur im Rhythmus von 116 bzw. 58 Tagen gestört. Es wird in der graphischen Darstellung der Perturbation höchstens die Linie der Bildkurve etwas breiter, ihre Periode und Amplituden bleiben ungestört.

Die Ergebnisse bezüglich der Massen der anderen Planeten weisen schon wesentlich kleinere Abweichungen auf, man findet sogar bei den zwei wichtigsten, Jupiter und Saturn, eine völlige Übereinstimmung.

Die Angaben über die Erdmasse können manche Bedenken erwecken. Die Erdmasse kommt bei der Berechnung der eigenen Bahn mit besonderem Gewicht zum Ausdruck. Die diesbezüglichen Angaben enthalten jedoch eine Ungenauigkeit von 12%.

Wir legen zum Vergleich die seit 1840 benutzten Werte bei (Tab. VIII).

Der falsche Wert von STOCKWELL wurde von Pilgrim durch einen verhältnismässig sehr guten Durchschnittswert ersetzt ; dank dessen sind die Angaben seiner Tabelle, wenn auch nicht völlig einwandfrei, so doch noch heute brauchbar. Ein endgültiger Wert wurde noch nicht herausgebildet, weil die Angabe von MIŠKOVIČ aus dem Jahre 1929 von STRÖMGREEN 1933 wieder modifiziert wurde. Andrerseits kann die Tabelle von MIŠKOVIČ bei Unter-

Tabelle VIII

Die Erdmasse auf die Sonnenmasse bezogen

In zeitlicher Reihenfolge			In abnehmender Reihenfolge		
1843	Leverrier.....	354,936	1891	Harzer.....	319,500
1850	Stockwell	368,680	1929	Spenzer, Miškovič	328,000
1891	Harzer.....	319,500	1919	Bauschinger	329,350
1904	Pilgrim	335,172	1933	Strömgreen	332,270
1919	Bauschinger	329,350	1904	Pilgrim	335,172
1929	Spenzer, Miškovič	328,000	1843	Leverrier.....	354,936
1933	Strömgreen	332,270	1850	Stockwell	368,680

suchungen über das Spätpliozän nicht benutzt werden, da sie nur bis zum Jahr —650 000 reicht. Es ist also verständlich, dass wir sowohl den spätpliozänen Klimatypenkalender als auch den Vergleich der Extremalwerte von $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ (Tab. IV, V, VI) auf Grund der PILGRIMschen Tabelle konstruiert haben.

Die Vergleiche beweisen alle eindeutig die Tatsache, dass zu Beginn des Quartärs eine gewisse Veränderung im Sonnensystem eingetreten ist. Sie machte sich in der Modifikation der Perturbation bemerkbar. Unsere Vergleiche geben jedoch keine Auskunft über die Ursache dieser Veränderung. Die Erörterung dieser Frage wurde durch das Festsetzen der unteren Quartärgrenze in der absoluten Zeit erschwert. Wir haben uns diesbezüglich für das Jahr —600 000 entschieden und setzen den Beginn des Quartärs auf die Günzvereisung.

Die abnormale Umwälzung im Sonnensystem zu Beginn des Quartärs lässt sich durch Erhöhung unserer vorgestellten Tortenschachtel kennzeichnen : die Inklinationsschwankungen infolge der Perturbation nahmen nämlich nicht nur bei der Erde, sondern bei jedem Planeten zu. Die aszendenten Knotenpunkte häuften sich in einem gewissen Kreisquadranten an. Diese Erscheinung wird allein von DETRE kommentiert : er gesteht jedoch zugleich, dass er ihre Ursachen nicht anzugeben weiss. Dagegen ist die Auswirkung dieser Erscheinung wohlbekannt : das Eintreten von Vereisungen war auf die Zeiten beschränkt wo die Länge des aszendenten Knotenpunktes zwischen 45° und 135° lag. (Tab. I, Spalte D.)

11

Für die Klärung der physikalischen Gründe dieser Abnormität muss man vor allem den Präzessionsfaktor aus den Komponenten der Strahlungskurve, ε und e, herausheben. Die Präzession ist nämlich keine Perturbation im engeren Sinne, sondern eine lunisolare Erscheinung. Sie wird von Sonne und Mond

allein verursacht, und von den störenden Hauptplaneten kaum um ein Tausendstel des Gesamteffektes beeinflusst.

Hätte die Erde die Gestalt einer Kugel anstatt einer Rotationsellipsoide, so würde sie keine Präzession erleiden, wogegen die Perturbation dadurch nicht beeinträchtigt würde.

Man kann bei dem Faktor $\Delta\,(e\sin\pi)$ den Präzessionsfaktor mit Leichtigkeit herausheben, da

$$\pi = \tilde{\omega} + \psi',$$

wo $\tilde{\omega}$ die Rotation der Apsislinie und ψ' die Präzession bedeutet. Periode und Verlauf von π sind uns aus der PILGRIMschen Tabelle bekannt. Wir wissen auch die Periode von ψ' : sie beträgt laut PILGRIM und STOCKWELL 25 694, laut MIŠKOVIČ 25 685 Jahre. Die Differenz von neun Jahren lässt sich vernachlässigen. Man schreibt also

$$\tilde{\omega} = \pi - \psi'$$

und erhält dadurch die konjugierten Bildkurven von e und $\tilde{\omega}$.

Ganz anders liegt die Sache bei ε, da man hier ψ' nicht so einfach explizieren kann. Wir zeichnen die Bildkurve von ψ' in direktem und retrogradem Sinne mit der Periode von 25 685 Jahren mit gestrichelter Linie, die Bildkurve von ε punktiert und die der Hilfsveränderlichen ε' mit ununterbrochener Linie daneben. Dabei stellt sich heraus, dass die Bildkurven von ε und ε' beide oft und für lange Zeiten parallel oder beinahe parallel zur Bildkurve von ψ' verlaufen. Allein die Bildkurve von i, d. h. die zu Θ gehörige Inklination, lässt sich daraus noch nicht konstruieren.

Man muss zwecks dieser Konstruktion auf die LAGRANGEschen Transformationen zurückgreifen. Die Definition der Hilfsveränderlichen p und q lautet

$$p = \operatorname{tg}\ i\ \sin\theta$$

$$q = \operatorname{tg}\ i\ \cos\theta$$

und es kommt

$$\operatorname{tg}\ i = \sqrt{p^2 + q^2}$$

$$\operatorname{tg}\ \theta = \frac{p}{q}$$

Schwierigkeiten erwachsen uns dadurch, dass STOCKWELL seine Berechnungen nur für 8 000 Jahre machte, und PILGRIM die Tabelle der Hilfsveränderlichen p ud q gar nicht mitgeteilt hat. Wir sind daher gezwungen, die Angaben der MIŠKOVIČschen Tabellen anzunehmen. MIŠKOVIČ führte jedoch andere Werte für die Planetenmassen als PILGRIM an : das eben ergab bei ihm hinsichtlich ε mehr oder minder grosse Abweichungen. Andrerseits müssen

wir uns soweit wie möglich an die PILGRIMsche Tabelle halten, da allein diese ins Pliozän zurückreicht. Gibt es jedoch bei den Amplituden manchmal geringfügige Abweichungen, so sollen diese keine Bedenken hervorrufen, da das Wesentliche, nämlich der «bevorzugte» Kreisquadrant, auch in der MIŠKOVIČschen Tabelle klar hervortritt. Das ist aus Abb. 6 ersichtlich, wo die Bildkurven von i und Θ angegeben sind.

Wir haben in Abb. 4 überdies die Kurven von i und Θ in eine einzige Kurve in Polarkoordinaten vereint, wo Θ die Richtung und i die Grösse des Radiusvektors vom epochalen Anfangspunkt aus gemessen darstellen. Eine derartige Aufzeichnung von Θ und i ist besonders aufschlussreich, denn man kann auf der Polarkurve, die der besseren Übersicht halber in acht Stücken gezeichnet wurde, sofort bemerken, dass der Ablauf der Kurve an sich weder im «bevorzugten» noch im «verachteten» Quadranten eine Abnormität aufweist. Allein die Position des epochalen Ausgangspunktes ist abnormal, indem er nicht im Mittelpunkt der annähernd kreisförmigen Kurve steht. Die auffallenden Phasen von Θ, die als «direkte» Phasen den «bevorzugten» Quadranten «zustande gebracht» haben, waren eigentlich gar nicht von direkter Richtung, da bei Kurvenstück I. in Abb. 6 nicht die Strecke XO, sondern die Strecke 566-0 dem Wert von i entspricht ; ähnlich wird der Wert i im II. Stück nicht durch YO sondern durch 488-0 dargestellt, und dasselbe gilt auch für die Stücke III, IV, V und VIII.

Die vereinte Bildkurve von i und Θ lässt sich auch als die Bahn des Ekliptikpols während der Perturbation auffassen, wobei die Präzession explizite zur Darstellung kommt.

Der Frühlingspunkt beschreibt auf dem grössten Kreis der Himmelssphäre, auf dem Tierkreis, infolge der Präzession alle 25 685 Jahre eine retrograde Umdrehung, die von unten her beobachtet als direkt erscheint. Der Pol dieses grössten Kreises liegt auf der Himmelssphäre im Sternbild des Drachen, 23°27′ vom Nordpol entfernt, und in der Richtung von 18^h Länge (ungefähr in der Richtung der Vega, in der grossen Krümmung des Drachen). Man stellt die Präzession am zweckmässigsten auf einer Kugelhaube dar, deren Zentrum im Ekliptikpol liegt, und deren Radius 23°27′ beträgt. Diese Fläche kann ohne erheblichere Zerrung auf ihre eigene Basalebene projiziert werden. Die Präzession lässt dann den Nordpol eben auf dem Grundkreis dieser Kugelhaube entlanglaufen (Abb. 3).

Die Position des Nordpols ist auf dieser Karte für die Jahre −4 000, −2 000, 0, +4 000, +6 000 eingetragen. Der Radius des Kreises beträgt heute 23°27', sein durchschnittlicher Wert ist 23°17′ ; er nahm während der 600 000 Jahre des Quartärs infolge der Perturbation Werte von 24°36′ bis 21°58′ an : die ganze Variante beträgt also 2°38′, in bezug auf den Mittelwert ±1°19′. Man erhält die Position des Ekliptikpols für einen bestimmten Zeitpunkt, indem man den jeweiligen Radius dieses Kreises in der Richtung aufträgt, die durch die Präzession und die Eigenbewegung des Knotenpunktes festgesetzt wird.

Der Ekliptikpol beschrieb in 600 000 Jahren 8 1/2 volle Umdrehungen um den Punkt P der Abb. 3 mit einer Abweichung von einigen Grad (Abb. 5).

Da die Tabelle über die Schwankungen von i und Θ nicht allgemein bekannt ist, teilen wir sie untenstehend mit (Tab. IX).

Was sich aus dieser Tabelle nur mit Mühe herauslesen lässt, wird aus Abb. 4 sofort klar. Es gibt auf der Bildkurve von i ebenso wie von Θ gerade Stücke. Das weist darauf hin, dass nach der ersten Verteilung der Störkraft noch eine

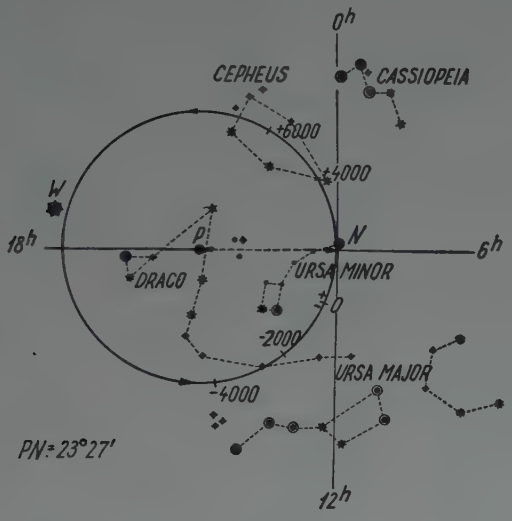


Abb. 3

zweite Verteilung der vertikalen Komponente zwischen i und Θ stattfand. Es ist der zweiten Verteilung zuzuschreiben, dass mal i, mal Θ überhaupt keine Störkraft erhielt, denn nur kräftfreie Körper können sich infolge ihrer Trägheit mit konstanter Geschwindigkeit bewegen. Es ist besonders merkwürdig, dass die Knotenlinie manchmal für Perioden von 40 000—50 000 Jahren mit der Regelmässigkeit eines guten Uhrzeigers umlief. Die Knotenlinie stellt jedoch einen Uhrzeiger ohne Masse dar, die lediglich aus einer fiktiven Geraden zwischen Sonne und aszendentem Knotenpunkt besteht. Ihre Umdrehung kann also nur durch den Trägheitsmoment der Erdmasse verursacht werden.

Die kurzen «direkten» geraden Perioden von Θ traten 10 000—15 000 Jahren hindurch immer dann auf, wenn die Wellentäler von tg i kulminierten und die Störkräfte sozusagen ausschliesslich für sich allein beanspruchten. Die längeren retrograden Perioden von Θ sind dagegen entstanden, als die Störkräfte von den Wellenbergen von tg i beansprucht wurden. Ausserdem wird aus Abb. 4. klar, dass zu den Zeiten, wo Θ den «verachteten» Kreisquadranten aufsuchte, die Veränderliche i jedesmal recht kleine Werte besass. Diese Erscheinung ist offenbar eine Reminiszenz aus dem Pliozän. Die Bildkurve von Θ nahm

Tabelle IX

Werte von i und Θ nach MIŠKOVIČ (t = Zeit in Jahrtausenden)

—t	i	Θ	—t	i	Θ	—t	i	Θ
5	0°38′21″	10°30′22″	205	0°55′09″	218°02′53″	405	2°00′40″	159°29′08″
10	1°20′32″	20°08′21″	210	0°48′34″	273°34′58″	410	1°32′21″	178°33′51″
15	2°01′42″	31°49′40″	215	1°08′39″	323°17′49″	415	1°00′21″	154°55′05″
20	2°39′36″	44°05′23″	220	1°41′26″	352°11′41″	420	0°35′23″	270°09′46″
25	3°12′03″	56°37′34″	225	2°15′57″	13°42′04″	425	0°45′55″	331°06′27″
30	3°37′01″	69°18′49″	230	2°47′13″	31°42′03″	430	1°18′26″	6°57′02″
35	3°52′48″	82°03′58″	235	3°12′11″	47°57′49″	435	1°51′51″	28°44′24″
40	3°58′08″	94°47′41″	240	3°28′42″	63°11′52″	440	2°20′27″	46°10′29″
45	3°52′19″	107°22′59″	245	3°35′18″	77°41′44″	445	2°41′36″	61°42′15″
50	3°35′21″	119°38′52″	250	3°37′16″	91°32′21″	450	2°53′49″	76°07′40″
55	3°07′58″	131°15′22″	255	3°16′36″	104°39′19″	455	2°56′22″	89°42′31″
60	2°31′43″	141°29′14″	260	2°52′07″	116°45′51″	460	2°49′14″	102°28′28″
65	1°49′13″	148°23′43″	265	2°19′21″	127°09′13″	465	2°33′07″	114°15′17″
70	1°05′55″	144°49′22″	270	1°40′56″	133°49′51″	470	2°09′21″	137°34′24″
75	0°42′18″	105°35′44″	275	1°02′10″	129°40′22″	475	1°39′55	132°13′04″″
80	1°08′38″	69°49′14″	280	0°41′38″	92°31′07″	480	1°08′02″	133°32′41″
85	1°51′15″	67°37′19″	285	1°04′39″	58°10′18″	485	0°41′27″	115°42′19″
90	2°31′59″	74°51′02″	290	1°43′13″	54°49′08″	490	0°42′02″	72°10′27″
95	3°06′03″	85°07′53″	295	2°20′58″	60°55′05″	495	1°08′31″	55°02′32″
100	3°31′16″	96°41′34″	300	2°53′11″	70°04′04″	500	1°39′35″	55°39′02″
105	3°46′27″	108°52′34″	305	3°18′34″	80°25′24″	505	2°08′29″	61°46′24″
110	3°51′13″	121°23′18″	310	3°35′00″	91°17′33″	510	2°32′54″	69°57′56″
115	3°46′52″	134°05′25″	315	3°43′03″	102°21′46″	515	2°51′40″	79°04′24″
120	3°31′13″	146°55′34″	320	3°42′27″	113°28′27″	520	3°04′00″	88°37′25″
125	3°08′31″	159°54′26″	325	3°33′35″	124°32′07″	525	3°09′25″	98°23′09″
130	2°39′20″	173°07′45″	330	3°17′05″	135°28′36″	530	3°07′37″	108°12′42″
135	2°05′27″	186°51′11″	335	2°53′49″	146°12′54″	535	2°58′29″	117°57′08″
140	1°28′45″	201°48′29″	340	2°24′46″	156°35′07″	540	2°42′09″	127°22′47″
145	0°51′23″	220°46′47″	345	1°51′09″	166°10′07″	545	2°19′09″	136°03′03″
150	0°18′15″	267°09′15″	350	1°14′26″	173°36′23″	550	1°50′32″	142°56′35″
155	0°27′37″	19°19′16″	355	0°37′06″	171°50′57″	555	1°18′28″	145°11′07″
160	0°57′38″	48°07′24″	360	0°17′49″	98°47′31″	560	0°48′55″	132°51′58″
165	1°24′22″	65°18′50″	365	0°47′59″	62°57′52″	565	0°42′12″	91°39′13″
170	1°45′26″	80°15′59″	370	1°22′03″	66°58′11″	570	1°07′40″	68°39′21″
175	1°59′42″	94°41′19″	375	1°51′57″	76°37′30″	575	1°41′36″	68°03′23″
180	2°06′22″	109°13′58″	380	2°15′28″	88°11′16″	580	2°13′41″	74°50′00″
185	2°05′00″	124°21′37″	385	2°31′01″	100°46′35″	585	2°40′04″	84°28′00″
190	1°55′38″	140°39′09″	390	2°37′33″	114°07′19″	590	2°58′27″	95°27′03″
195	1°38′57″	159°11′59″	395	2°34′30″	128°11′37″	595	3°07′25″	107°08′16″
200	1°16′58″	182°37′36″	400	2°21′56″	143°09′07″	600	3°06′12″	119°10′12″

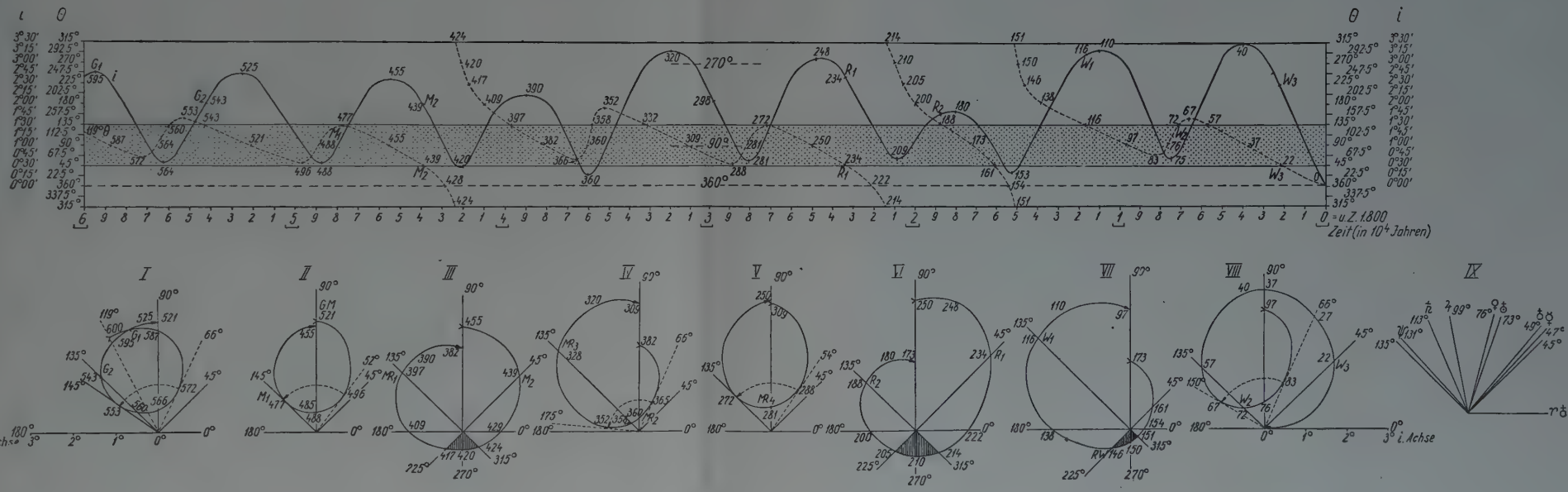

i
Θ
G1
G2
M1
M2
R1
R2
W1
W2
W3
270°
90°
360°
= u.Z. 1800
Zeit (in 10⁴ Jahren)
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
i. Achse

Abb. 4

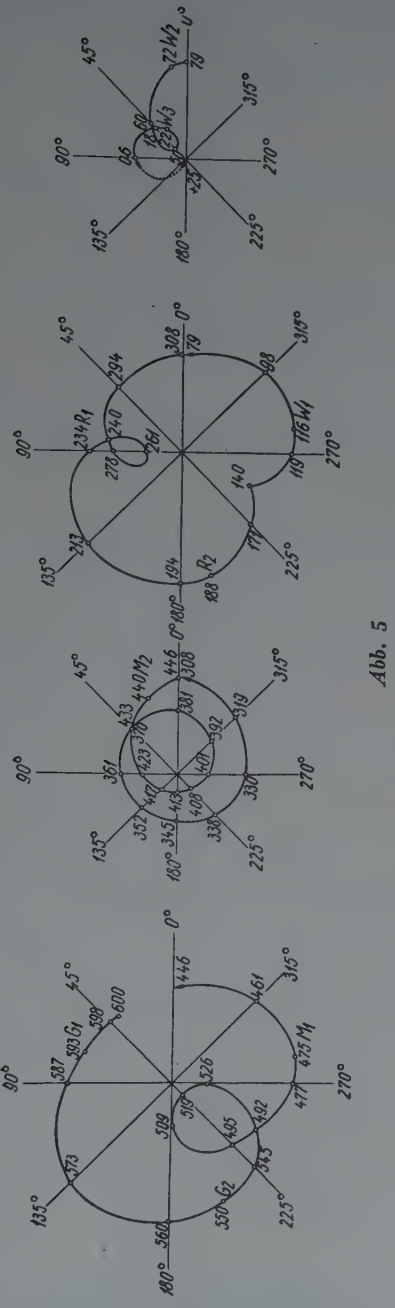


Abb. 5

damals die Form einer Tangentenkurve an, die sie laut ihrer Definition $\left(\operatorname{tg}\Theta = \frac{p}{q}\right)$ hätte fortdauernd behalten müssen. Die Tatsache, das sie in fünf von acht Fällen der eigenen Definition widersprach, ist ein klares Zeichen der Abnormität.

12

Die Tabellen X, XI, XII sollen auch dem Kennzeichen der Abnormität dienen.

Die Bildkurve von Θ zeigt in Abb. 4 in kartesischen Koordinaten bloss 3 1/4 Umdrehungen, in polaren dagegen 8 1/2. Wir legen zur Klärung dieses scheinbaren Wiederspruches die Tabelle X bei.

Tabelle X ergibt auf Winkelgrade umgerechnet Tabelle XI. Diese zeigt, dass der Knotenpunkt im Quartär eine Rotation von insgesamt 2999° ausführte, vovon 1800° auf scheinbare direkte Verlaufsphasen und auf ihre Ergänzung zu Kreisen entfielen.

Wir wollen nun Tabelle XI derart umgestalten, dass sie die Zeit angibt, die der aszendente Knotenpunkt in den einzelnen Kreisquadranten verbrachte. Sie enthält weiterhin die Lage des Knotenpunktes bei der Kulmination der 9 Vereisungen (Tab. XII).

Zur stärkeren Betonung der Abnormität geben wir in Abb. 5 die Bildkurven von e und $\tilde{\omega}$, die keine «bevorzugten» Quadranten aufweisen.

13

Zur Erklärung der besprochenen Abnormität im Sonnensystem lenken wir nun unsere Aufmerksamkeit auf die LAGRANGEschen Hilfsveränderlichen p und q.

Sie sind durch die Gleichungen

$$p = \operatorname{tg} i \sin \Theta$$

$$q = \operatorname{tg} i \cos \Theta$$

definiert, wovon

$$\operatorname{tg} i = \sqrt{p^2 + {}^2q}$$

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{p}{q}.$$

p bezieht sich im polaren Koordinatensystem der Abb. 4 auf die Achse 180°—360°. p hat das Gebiet unterhalb dieser Achse nur dreimal, und zwar in

Tabelle X

Retrograde Phasen von Θ im bevorzugten Quadranten			*Scheinbar direkte Phasen und ihre Ergänzung zum Kreis*			
Anfang	Ende	Dauer	Anfang	Ende	Dauer	
in tausend Jahren						
— 27	0	27				
			— 67	— 27	40	56
			— 83	— 67	16	
—237	— 83	154				
			—272	—237	35	51
			—288	—272	16	
—298	—288	10				
			—352	—298	54	72
			—370	—352	18	
—442	—370	72				
			—477	—442	35	54
			—496	—477	19	
—509	—496	13				
			—553	—509	44	63
			—572	—553	19	
—600	—572	28				
insgesamt 304					insgesamt 296	

Tabelle XI

Anfang	Ende	«Bevorzugte» Quadranten	Grad		Scheinbar direkte Phasen und ihre Ergänzung		
					von	bis	Summe
tausend J.					Grad		
— 27	0	66°—360°		66°	—	—	
— 83	— 27				66°	66°	360°
—237	— 83	54°—66°		708°			
—288	—237		720°		54°	54°	360°
—298	—288	66°—54°		12°			
—370	—298				66°	66°	360°
—442	—370	52°—66°		346°			
—496	—442		360°		52°	52°	360°
—509	—496	66°—52°		14°			
—572	—509				66°	66°	360°
—600	—572	119°—66°		53°			

600 000 Jahre ..... 1199°
von rechts ..... 1800°
zusammen ..... 2999°

fünf Kreise ..... 1800°

Tabelle XII

Jahrtausende von Θ		I.	II.	III.	IV.	Die Länge des aszendenten Knotenpunktes bei der Kulmination der Vereisungen	Gebiet von Θ im «bevorzugten» Quadranten			
von	bis	«bevorzugter» Quadrant 45°—135°	«neutraler» Quadrant 135°—225°	«vernachlässigter» Quadrant 225°—315°	«neutraler» Quadrant 315°—45°		Tausend Jahre	45°	90°	135°
— 22	0				22					
— 57	— 22	35				W_3	— 25	45°		
— 72	— 57		15			W_2	— 71			135°
—116	— 72	44				W_1	—116			135°
—146	—116		30							
—152	—146			6						
—159	—152				7					
—188	—159	29								
—206	—188		18							
—214	—206			8		R_2	—188			135°
—234	—214				20					
—336	—234	102				R_1	—234	45°		
—347	—336		11							
—397	—347	50								
—417	—397		20							
—424	—417			7						
—439	—424				15	M_2	—439	45°		
—543	—439	104				M_1	—477			135°
—560	—543		17			G_2	—543			135°
—600	—560	40				G_1	—595		90°	
600 000 Jahre =		404	111	21	64	9 =		3	1	5

den nennenswerten Zeitpunkten —420 000, —210 000 und —150 000 Jahre betreten, weilte dort alles in allem 42 000 Jahre und hat dadurch der Veränderlichen Θ den Eintritt in den «verachteten» Quadranten für die Dauer von insgesamt 21 000 Jahren ermöglicht. Das abnormale Klima des Quartärs ist durch die genannte Asymmetrie der Hilfsveränderlichen p verursacht worden.

Die Hilfsveränderliche q bezieht sich auf die Zeitachse (90°—270°) in Abb. 4, und da q die erste Ableitung von p ist, kommt heute bei q keine Abnormität zum Ausdruck. Die Bildkurve von q verläuft im Verhältnis zur Zeitachse auch in den Vereisungsperioden ziemlich symmetrisch.

Da p und q solch lange Perioden besitzen, erhalten wir zunächst den Eindruck, dass der «bevorzugte» Kreisquadrant selbst im geologischen Sinne lange

dauern, und die Möglichkeit von Vereisungen auch in der geologischen Zukunft noch lange bestehen wird. Nichts wäre irrtümlicher als die Annahme, das Eiszeitalter wäre mit W_3 beendet. $\Delta\varepsilon$ wird bei der ersten Verteilung der perturbierenden Kräfte noch lange den Vorteil über $\Delta(e \sin \pi)$ behalten.

Eine neue Vereisung ist aber in den nächsten 100 000 Jahren nicht zu befürchten, denn der aszendente Knotenpunkt der Erde, der Frühlingspunkt, ist heute schon um 45° vom «bevorzugten» Quadranten entfernt: es wird in Anbetracht seiner 75 000 Jahre langen Periode gewiss noch lange dauern, bis er von rückwärts, über den «verachteten» Kreisquadranten, den «bevorzugten» Quadranten bei 135° wieder erreicht. Die Interglaziale, in deren Jugend wir leben, wird eine langdauernde und von Inlandeiswirkung freie sein, und alle solaren Klimatypen werden sich in ihr voll auswirken können. Die eintretenden glazialen Schwankungen machen sich bei uns durch angenehme Witterungsverhältnisse, kühle Sommer, milde Winter und normale Mengen von Niederschlägen bemerkbar.

14

Man kann die Dauer der Abnormität annähernd einschätzen und daraus auch über die Grössenordnung der normalen Zeitspanne Folgerungen ziehen. Wir wollen zuerst die Hilfsveränderliche p untersuchen. Nach der Perturbationsperiode ist

$$p = p_0 + p_1 + p_2 \cdots\cdots + p_6$$

p ist folglich aus 6 Gliedern zusammengesetzt, wo für jedes Glied

$$p_n = \operatorname{tg} i_n \sin \Theta_n = N'_n \sin (g'_n t + \beta'_n)$$

Wir geben die Tabelle von Mišković (Tab. XIII) über die Konstanten N, g und β.

Wie ersichtlich, stellt N'_n eine Fraktion von tg i dar; g'_n gibt die Drehung der Knotenlinie pro 1 Jahr an und muss deshalb mit der Zeit t multipliziert werden. β'_n bedeutet endlich die auf den Epochalwert des Jahres 1800 u. Z. bezogene Phase von $g't$: es bestimmt, mit anderen Worten, mit welcher Phase die sieben Addendenkurven untereinander gezeichnet und addiert werden müssen.

Bei der Untersuchung der Tabelle XIII fällt es auf, dass der Wert der Konstante g'_0 in Dezimalen von Winkelsekunden angegeben bis zu fünf Stellen verschwindet. Der Wert $g't$ bleibt also zeitunabhängig konstant und widerspricht dadurch der eigenen Definition (jährliche Umdrehung).

Der ausserordentliche Charakter dieser Angabe wird noch dadurch unter-

Tabelle XIII

Die Konstanten der Perturbation

Komponente von e	Wert von $\tilde{\omega}$ pro Jahr	Phase von $\tilde{\omega}$ bezogen auf 1800 n. Z.
N_0 0,000 441	g_0 2,27076″	β_0 124°52′29″
N_1 0,016 279	g_1 3,66746″	β_1 27°50′50″
N_2 0,002 343	g_2 22,35486″	β_2 126°54′33″
N_3 0,005 122	g_3 5,44801″	β_3 86°03′55″
N_4 −0,014 099	g_4 7,34614″	β_4 19°47′01″
N_5 0,010 565	g_5 17,31308″	β_5 331°55′49″
N_6 −0,015 016	g_6 17,98361″	β_6 314°58′20″
	zusammen 76,38392″	

Komponente von tg i	Wert von Θ pro Jahr	Phase von Θ bezogen auf 1800 n. Z.
N'_0 0,027 660	g'_0 − 0,00000″	β'_0 103°22′55″
N'_1 0,001 722	g'_1 − 2,46388″	β'_1 126°33′08″
N'_2 0,002 785	g'_2 −25,81905″	β'_2 126°05′50″
N'_3 0,010 501	g'_3 − 5,11444″	β'_3 20°12′15″
N'_4 0,006 397	g'_4 − 6,64128″	β'_4 301°29′56″
N'_5 0,004 367	g'_5 −17,61019″	β'_5 295°33′59″
N'_6 0,024 595	g'_6 −18,73458″	β'_6 73°59′16″
	zusammen −76,38342″	

strichen, dass der entsprechende Wert von β'_n 103°22′55″ beträgt, und den Sinuswert von 0,98762, also annähernd Eins, besitzt. Der dazugehörige Wert N'_n ist überdies der grösste in seiner Kolonne. Wir stehen also hier dem fatalen Zusammentreffen von drei ausserordentlichen Grössen gegenüber.

$N'_0 \sin(g'_0 t + \beta'_0)$ wird also unabhängig von der Zeit immer $0{,}027660 \times \times 0{,}98762 = 0{,}027317$. p_0 wird also durch eine zur Zeitachse parallele Gerade mit der Ordinate 0,027317 dargestellt.

Die Bildkurven der übrigen 6 Komponenten p_1 bis p_6 sind Sinuskurven mit Perioden von 50 000 bis 500 000 Jahren. Ihre Summenkurve ist eine Sinusoide, die nach genügend langer Zeit proportionell über und unter der Zeitachse verläuft. Wenn man nun zu dieser Summe das siebente Glied, p_0, addiert, so wird die Sinusoide ohne jegliche Verzerrung um 0,027317 Einheiten normal zur Zeitachse verschoben, *und die Bildkurve von p nimmt eine asymmetrische Stellung in bezug auf die Zeitachse ein. Das ist die Ursache der Quartärabnormität.*

Warum war jedoch keine Abnormität während der 400 000 Jahre des Spätpleistozäns zu bemerken?

Diese Tatsache kann nur durch die Annahme erklärt werden, dass der Wert $g_0' = 0{,}00000''$ falsch ist und der eigenen Definition widerspricht. Wenn man für g_0 weitere Dezimale berechnen würde, würde sich vielleicht die Bildkurve von $\sin(g_0' t + \beta_0')$ bei sehr grossem $-t$ in die symmetrische Lage verschieben, natürlich mit einer sehr langen Periode.

Die Abnormität würde weiterhin verringert, wenn β_0', vielleicht auf eine

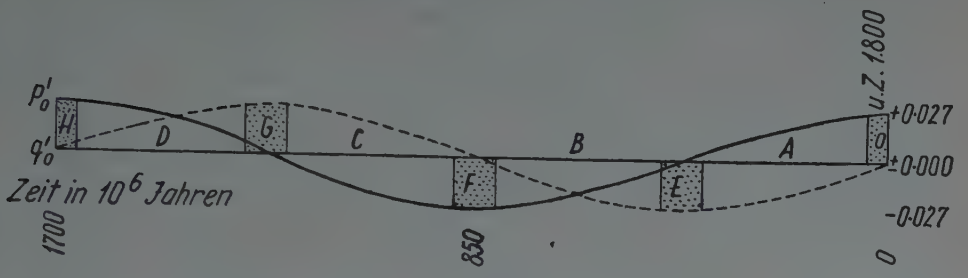


Abb. 6

andere Epoche bezogen, einen von 90° weiter entfernten Wert zeigen, und folglich einen kleineren Sinus besitzen würde. Es ist jedenfalls merkwürdig, dass $\Sigma_6^0 g$ und $\Sigma_6^0 g'$ in Tabelle XIII auch von Vorzeichen abgesehen nicht die gleichen Summen liefern : denn der Perihelienpunkt wird vom Frühlingspunkt aus gemessen, der ja selber ein aszendenter Knotenpunkt ist. Tabelle XIII ergibt

$$\Sigma_6^0 g = \quad 76{,}38392''$$

$$\Sigma_6^0 g' = -76{,}38342''$$

$$\text{Differenz} = \quad 0{,}00050''$$

Es wäre naheliegend, für g_0' $0{,}00050''$ anstatt $0{,}00000$ anzunehmen. Daraus würde sich aber eine allzu lange Periode (2595 Millionen Jahre) für p_0 ergeben und so den radioaktiven Altersbestimmungen der Mineralien aus den archäo- und paläozoischen Endmoränen widersprechen.

Andrerseits ist es möglich, dass der Fehler von $0{,}00050''$ eigentlich die Summe zweier verschiedener Fehler ist. Man würde allenfalls ein viel besseres Übereinstimmen mit den radioaktiven Zeitbestimmungen erhalten, wenn man die fragliche Grösse $0{,}00076''$ setzen würde.

Auf Grund des Ausgangswertes würde sich eine Periode von 1700 Millionen Jahren für p_0 ergeben : die ganze Periode würde in Anbetracht der Wellenberge und Wellentäler von p_0 und q_0 in vier gleichlange Phasen von je 425 Millionen Jahre zerfallen (Abb. 6).

Das Quartär ist auf Abb. 6 durch eine Strecke von 1 mm dargestellt, die bei der Aufschrift «1800» liegt. Die Punkte O, E, F, G, H geben die Kulminationen

der Kurven an: der Verlauf der Kurven hat sich dort in bezug auf die Zeitachse asymmetrisch gestaltet. Das war der Grund für die scheinbaren direkten Perioden von Θ und für die Zunahme der Veränderlichen i. Der «bevorzugte» Kreisquadrant kam auf diese Weise bald auf dieser, bald auf jener Stelle des Tierkreises zustande, immer dort, wo sich die aszendenten Knotenpunkte der Planeten angehäuft haben. Die glazial gearteten Interferenzen der Komponenten $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ haben den KÖPPENschen Schwellenwert erreicht und klimatische Revolutionen und Vereisungen verursacht.

Die Gesamtdauer der Perioden O, E, F, G, H ist viel kürzer als die der Perioden A, B, C, D, die ihrerseits die Dauer der «normalen» Zeitspannen bestimmt haben. Wäre die Annahme $g_0' = 0{,}00076''$ richtig, würde die Dauer der «normalen Perioden 400 Millionen, die Dauer der «anormalen» dagegen 25 Millionen Jahre ergeben.

MILANKOVIČ berechnete seine Vollgliederung auf die «abnormale» Periode des Quartärs. Man kann folglich an Hand seiner Berechnungen überhaupt keine Schlüsse über die «normale» Perioden, deren eine die insgesamt 400 Millionen Jahre von Perm, Mesozoikum und Tertiär umfassende «A» der Abb. 6 war, ziehen. Glaziale Interferenzen waren auch zu «normalen» Zeiten entstanden. Sie haben auf niedrigeren geographischen Breiten (z. B. in den Alpen) Vereisungen, Moränen und Terrassen, jedoch keine klimatische Revolution zustandegebracht. Ihre Spuren sind mit der Zeit verwischt worden.

Es sind auch ältere Vereisungsspuren als die der Ottobeurener Phase übergeblieben. Laut brieflicher Mitteilung an den Verfasser erkannte EBERL auf schwäbischem Boden Moränen, deren Alter von manchen Geologen ins Frühpliozän, von anderen wieder ins Miozän gesetzt wurde. Die auf grösseren geographischem Breiten hinterlassenen Vereisungspuren sind von den Quartärvereisungen bis zur Unkenntlichkeit zerstört worden.

Die Verteilung der Störkräfte wurde in den «normalen» Perioden durch den Vorteil von e und $\tilde{\omega}$ über i und Θ gekennzeichnet. Die Hilfsveränderlichen der beiden ersten, h und l, weisen übrigens keine dem g_0' ähnlichen verhängnisvollen Komponenten auf. In der Reihe der Konstanten im Zusammenhang mit e und $\tilde{\omega}$ besitzt N_0 den geringen Wert 0,000441 : und da der entsprechende Wert $g_0 = 2{,}27076''$ beträgt, können auch die extremsten Werte von β_0 keine Abnormität verursachen.

Die in Abb. 6 veranschaulichte Hypothese kann nur in Hinsicht auf die Grössenordnungen eine Bestätigung erwarten: deshalb kann das Übereinstimmen mit dem absoluten Alter (1500—1700 Millionen Jahre) der präkambrischen Moränen als beruhigend bezeichnet werden. Auch das auf Grund von radioaktiven Halbierungszeiten bestimmte Alter des südafrikanischen Permokarbons ergibt einen annehmbaren Einklang. Der Mangel von radiologisch unterstützten glazialen Spuren von den Punkten F und G der Abb. 6. (850 bzw. 1275 Millionen Jahre) bedeutet auch keinen Widerspruch, da er auf das Fehlen der

entsprechenden geographischen Gegebenheiten zurückzuführen ist. Wenn nämlich das zeitweilig periglazial gewordene Gebiet rundum von Tiefsee umgeben ist, wie z. B. die Antarktik von heute, so können aus diesem Gebiet natürlich keine Vereisungsspuren erwartet werden. MILANKOVIČ betont [7], dass glaziale Perioden nur entstehen können, wenn ausser den entsprechenden glazialen Interferenzen auch die nötigen geographischen Bedingungen gegeben sind.

15

Ist es wohl angebracht, unsere Untersuchungen auf so lange zurückliegende Äonen zu erweitern? Man darf bei der Erörterung dieser Frage nicht ausser acht lassen, dass wir uns bloss auf die Extrapolation des Existenz eines «bevorzugten» Quadranten bzw. der Existenz und Dauer des «normalen» Zustandes im Vorpliozän beschränkten. Das wird wohl erlaubt sein, denn wir können ja die Richtigkeit oder Irrtümlichkeit unserer Voraussetzungen an den erweiterten astronomischen Tabellen kontrollieren.

JEFFREYS hat die Astronomen schon seit langem zur Weiterberechnung der Bahnelementenveränderungen bis zu 10 Millionen Jahren ermutigt, sei es auf Grund der STOCKWELLschen, oder wenn es ihnen besser dünkt, der modernen Konstanten. Die etwaigen Fehler infolge ungenauer Angaben werden nämlich bei Berechnungen, die mit Interferenzen zu tun haben — wie auch in den obenstehenden —, sozusagen automatisch ausgeglichen. So gibt es bezüglich den Amplituden von $\Delta\varepsilon$ ziemlich grosse Abweichungen zwischen PILGRIM und STOCKWELL, die jedoch mit der Zeit nicht zunehmen. Die auf Grund dieser Tabellen berechneten zwei verschiedenen Klimatypenkalender weisen sogar bezüglich der Reihenfolge der Klimatypen keine Unterschiede auf. Nur hinsichtlich der Dauer und der Amplituden der Schwankungen gibt es Verschiedenheiten, die man jedoch vernachlässigen kann.

Die Berechnung der Erdbahnelemente auf 10 Millionen Jahre — sowohl rückgehend wie im vorhinein — wäre auf jeden Fall erwünscht. Wir könnten uns dann auf Angaben über 20 Millionen Jahre stützen und hätten sicherere Grundlagen. Könnte man beweisen, dass es vor dem Spätpliozän bis zu 10 Millionen Jahren keine erfolgreichen glazialen Interferenzen gab, wogegen die nächsten 10 Millionen Jahre eine Menge von erfolgreichen glazialen Interferenzen aufweisen würden, dann könnte man die Konsequenzen der MILANKOVIČ-Theorie ruhig auf das Tertiär ausbreiten.

Und wenn die Berechnung auf $\pm$ 10 Millionen Jahre ungünstige Ergebnisse liefern würde, dann wäre man wenigstens sicher, dass die Lösung des «Neuen Problems» auf anderen Wegen gesucht werden muss. Heute würden die Berechnungen an Hand der angegebenen Formeln, die mit der Logarithmentafel etliche Jahrzehnte dauern würden, mit Hilfe der modernen Rechenmaschi-

nen der grossen astronomischen Institute vielleicht nur einige Wochen beanspruchen. Die Ungenauigkeit der Planetenmassen ist auch kein Grund für den Aufschub dieser Berechnung, denn die Planetenmassen werden auch in Zukunft immer von neuem berechnet und berichtigt werden müssen. Und wenn man in der Astronomie mit 10 Millionen Lichtjahren rechnen darf, so birgt wohl auch die Berechnung der Bahnelemente auf ± 10 Millionen Jahre keine besondere Gefahr in sich.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die vollkommen hypothesenfreie MILANKOVIČ-Theorie der Quartärvereisungen wird erörtert.

2. Der Verfasser hat die MILANKOVIČ-Theorie weiterentwickelt und aus der vierfachen Interferenzmöglichkeit der Erdbahnelemente 4 grundsätzliche solare Klimatypen abgeleitet. Er stellte den 85-fachen Wandel dieser vier Typen während der 600 000 Jahren des Quartärs fest. MILANKOVIČ hat diese Weiterentwicklung (2) anerkannt.

3. Um den solaren Klimatypenkalender des Verfassers in der erdgeschichtlichen Forschung verwenden zu können, war es nötig, eine neue Vereisungskurve anstatt der veralteten SOERGELschen zu konstruieren. Zur Erleichterung der Feldarbeit sind auch die Serialnummern der begrabenen Bodenzonen im Löss in den Kalender aufgenommen worden.

4. Die MILANKOVIČ-Theorie war schon in der ganzen Welt bekannt und konnte doch nicht die allgemeine Anerkennung der Quartärforscher erringen, denn es ergab sich ein «Neues Problem»: wenn nämlich das Eiszeitalter durch die Variation der Erdbahnelemente verursacht wurde, musste es wohl auch im Mesozoikum und Tertiär Vereisungen gegeben haben. Von solchen gibt es jedoch keine Spur. MILANKOVIČ hat die Verteidigung gegen diesen neuen Einwand im letzten Paragraph der Mathematischen Klimalehre auf völlig falsche Wege geführt.

5. Es ist bekannt, dass die aszendenten Knotenpunkte der perturbierenden Planeten alle im Quadranten zwischen 45° und 135° (vom Frühlingspunkte gemessen) liegen. Der Verfasser hat 1942 den Begriff des «bevorzugten Kreisquadranten» für diese Erscheinung eingeführt. Ein weiterer Begriff — der «verachtete» Kreisquadrant — ist 1944 eingeführt worden. Er beruht auf der Tatsache, dass der Frühlingspunkt von den 600 000 Jahren des Quartärs nur 21 000 im Quadranten zwischen 225°—315° verbrachte, die restlichen 579 000 aber in den übrigen dreien, und zwar volle 404 000 Jahre im «bevorzugten». Der Verfasser hat diese ungleichmässige Verteilung auf eine Anomalie im Zustand des Sonnensystems zurückgeführt. Seine Erkenntnisse sind auch von MILANKOVIČ anerkannt worden.

6. Die Überhäufung des «bevorzugten» und die Leere des «verachteten» Quadranten wird anschaulich, wenn man die Bildkurven der Veränderlichen i und Θ in kartesischen oder Polarkoordinaten konstruiert. Die Quadranten wären im normalen Zustand alle gleich dichtbesetzt, und die Bildkurve von Θ würde definitionsgemäss $\left(\operatorname{tg}\Theta = \frac{p}{q}\right)$ die Form einer Tangentenkurve aufnehmen. Der wesentliche Unterschied zwischen normalem und abnormalem Zustand besteht darin, dass im ersteren e, im letzteren ε mehr Störkräfte beanspruchte.

7. Die auf 1 000 000 Jahre berechneten PILGRIMschen Tafeln ermöglichen uns Vergleiche zwischen den astronomischen Merkmalen des Pliozäns und Quartärs. Danach betrug die Schwankung von $\Delta\varepsilon$ im Spätpleistozän bloss 36′, stieg dagegen im Quartär auf 55′, also auf das Anderthalbfache des früheren. Die Periode von $\Delta\varepsilon$ blieb dabei unverändert.

8. e besitzt kein Minimum, es müssen daher die Maxima verglichen werden. Die maximalen e-Werte des Pliozäns bzw. Quartärs stehen durchschnittlich im Verhältnis 501 : 371.

9. Die obenstehenden Tatsachen beweisen, dass die Variation der Bahnelemente zeitlich veränderlich war und heben dadurch die Begründung des «Neuen Problems» auf.

10. Die PILGRIMschen Tafeln, auf denen unsere Berechnungen beruhen, weisen gewisse Ungenauigkeiten auf. Die bedeutendste bezieht sich auf die Merkurmasse. Da jedoch die Masse des Merkurs im Vergleich mit den anderen Planeten gering und seine Umlaufszeit sehr kurz ist, werden unsere Berechnungen durch diesen Fehler nicht beeinträchtigt.

Auch bezüglich der Erdmasse gibt es Meinungsverschiedenheiten, die Unterschiede bis 12% andeuten. PILGRIM hat jedoch einen Wert benutzt, der unseren besten modernen Ergeb-

nissen sehr nahe steht. Obwohl die PILGRIMschen Tafeln Fehler enthalten, werden diese nicht mit der Zeit grösser. Bezüglich der Periodenlänge von $\Delta(e \sin \pi)$ im Quartär ergeben sich z. B. nur Unterschiede von 27 Jahren gegenüber den modernen Berechnungen von MIŠKOVIČ.

11. Der zeitunabhängige geographische Faktor von $\Delta\varepsilon$ nimmt nördlich zu, der von $\Delta(e \sin \pi)$ dagegen ab. Im Pliozän wies $\Delta\varepsilon$ kleinere Schwankungen auf als im Quartär, darum konnten damals trotz günstiger glazialer Interferenzen die Schwankungen in Skandinavien nicht den KÖPPENschen Schwellenwert erreichen. Dagegen hat die Übermacht von $\Delta(e \sin \pi)$ auf der geographischen Breite der Alpen im Pliozän manchmal mächtigere Gletscherbildung verursacht als im Quartär. Diese «alpinen» Vereisungen konnten jedoch keine klimatische Revolution verursachen. — Die auf Grund der PILGRIMschen Tabelle berechneten Amplitudenwerte der spätpliozänen Glazialschwankungen werden durch die Beobachtungen von EBERL unterstützt. EBERL erkannte, laut brieflicher Mitteilung, auch frühpliozäne und sogar miozäne Vereisungen in den Alpen.

12. Der Verfasser sucht und findet die Ursache des «abnormalen Zustandes» in der Struktur der LAGRANGEschen Hilfsveränderlichen h, l, p und q. p und q bestimmen die Verteilung der Störkräfte zwischen den Variablen i und Θ, die ihrerseits die Normalität bzw. Abnormität im Sonnensystem bedingen. Nun ergibt es sich, dass die Bildkurve von p asymmetrisch zur Zeitachse verläuft. Laut astronomischen Angaben ist diese Asymmetrie zeitlich konstant, es ist jedoch zu befürchten, dass die diesbezüglichen Angaben mit Fehlern behaftet sind. Der Verfasser nimmt an, dass die Asymmetrie der p- und q-Kurven eine Periode von 1700 Millionen Jahren aufweist. Er wurde zu dieser Annahme durch die radioaktiven absoluten Zeitbestimmungen an archäischen Moränen geführt. Dann würden sich aus 1700 Millionen Jahren viermal 400 Millionen für normale und viermal 25 Millionen für abnormale Perioden ergeben. Diese Voraussetzung wird durch Beobachtungen unterstützt. Folglich wird auch die gegenwärtige abnormale Periode insgesamt 25 Millionen Jahre dauern, und das Eiszeitalter ist noch keinesfalls beendet. Das Holozän lässt sich in dieser Auffassung als eine 100 000 Jahre lange Interglaziale deuten.

13. Man müsste, um die Einwände des «Neuen Problems» glaubwürdig zu widerlegen, die Berechnungen auf wenigstens 10 Millionen Jahre erweitern. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Anhänger des «Neuen Problems» nicht einmal Versuche für eine beweisende Berechnung angestellt haben. Das «Neue Problem» wurde daher im obigen entkräftet und die MILANKOVIČ-Theorie hiermit bestätigt.

SCHRIFTTUM

1. BACSÁK, GY.: Die Wirkung der skandinavischen Vereisung in der Periglazial-Zone. Kleinere Schriften des Instituts f. Meteorologie und Erdmagnetismus. Neue Serie Nr. 13, Budapest 1942.

2. BACSÁK, GY.: Az utolsó 600 000 év földtörténete (Die Erdgeschichte der letztverflossenen 600 000 Jahre). M. Áll. Földt. Int. Vitaülései 1944-ről. Budapest 1944.

3. BACSÁK, GY.: A Milankovič-elmélet védelme (Verteidigung der Milankovič-Theorie). Manuskript. Budapest 1954.

4. KÖPPEN, W.—WEGENER, A.: Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin 1924.

5. LEVERRIER, V. J.: Inégalités séculaires .. Paris 1856.

6. MILANKOVIČ, M.: Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire. Paris 1920.

7. MILANKOVIČ, M.: Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen. Berlin 1930.

8. MILANKOVIČ, M.: Astronomische Mittel zur Erforschung der erdgeschichtlichen Klimate. Berlin 1938.

9. MILANKOVIČ, M.: Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. Belgrad 1941.

10. MIŠKOVIČ: Bericht über die sekulären Variationen der Erdbahnelemente. Serbische Akademie d. Wissenschaften. Belgrad 1931.

11. PENCK, A.—BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1901—1909.

12. PILGRIM, L.: Versuch einer rechnerischen Behandlung des Eiszeitalters. Jahresber. d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg 1904.

13. SOERGEL, W.: Die Vereisungskurve. Berlin 1937.

14. STOCKWELL, J. N.: Memoir on the secular variations of the elements of the 8 principal planets. Smiths. Contr. Knowledge. **18,** Washington 1873.

ПЛИОЦЕН И ПЛЕЙСТОЦЕН В СВЕТЕ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ

ДЬ. БАЧАК

Резюме

В введении автор излагает теорию *Миланковича* о ледниковых эпохах четвертичного периода, не требующую никаких гипотез.

1. Первое подробное изложение теории *Миланковича* была опубликовано в 1924 году в труде *Кёппена* и *Вегенера* «Die Klimate der geologischen Vorzeit». Природными наблюдениями теория эта была подтвержена еще раньше, когда в январе 1924 года в Мюнхене *Эберль* в своем докладе знакомил с тем же разделением, которое *Миланкович* установил при помощи астрономических исчислений. Независимо друг от друга они установили 9 ледниковых и 9 межледниковых стадий, то есть, разделили четвертичный период на 18 элементарных промежутков времени, длительность которых различна. Из 18 элементов различной длительности можно получить $18! = 6402.10^{12}$ различных порядков, значит совпадение упомянутых двух результатов не может быть случайностью, а должно быть объяснено тем, что оба ученых установили действительность.

2. *Миланкович* разделил плейстоцен на 18 неодинаковы элементарных частей. Развивая дальше теорию *Миланковича*, автор вывел 4 климатических типа из 4 возможностей интерференции орбитальных элементов. Он доказал, что 4 солярных климатических типа чередовались 85 раз на протяжении 600 000 лет четвертичного периода. В своем «Каноне» *Миланкович* одобрил установления автора в связи с дальнейшим развитием этой теории.

3. Чтобы делать применимым составленный автором календарь, в котором указаны чередование и содержание 4 солярных климатических типов четвертичного периода, было необходимо сконструировать правильную кривую оледенения вместо неправильной кривой *Зёргеля*.

4. В календарь климатических типов автор включил также и порядковые погребенных почвенных горизонтов пакшского обнажения. Тем самым он на примере показал применимость своего плейстоценового синтеза.

5. Теория *Миланкович* была известна ученым всего мира, но все же не могла получить всеобщее признание исследователей четвертичного периода. Причиной этого являлось возражение, получившее в литературе название «новая проблема». По *Пенку* она гласит так: «Как теория *Миланковича* ни кажется красивой, она не может быть правильной потому, что если ледниковый период был бы вызван изменением орбитальных элементов земли, то ледниковые периоды должны были бы существовать и в мезозое и в третичный период. Орбитальные элементы всегда были одинаково изменчивыми, а следов прежних ледниковых эпох нет.» В последнем абзаце Math. Klimalehre *Миланкович* направил свою аргументацию против «новой проблемы» в неправильное русло.

6. В 1942 году автор ввел понятие «предпочитаемого квадранта». Давно известен факт, что восходящие узлы пертурбационных планет, если измерить их от точки весны, попадают между 45° и 135°. Этому явлению не дано объяснения в астрономических трудах. В 1944 году автор ввел понятие «пренебрегаемого квадранта». На протяжении 600 000 лет четвертичного периода восходящий узел земли, точка весны, лежал в так наз. «пренебрегаемом квадранте», попавшем между 225° и 315°, лишь в течение 21 000 лет. На протяжении остальных 579 000 лет точка весны находилась вне «пренебрегаемого» квадранта, но в то же время в течение 404 000 лет – в «предпочитаемом» квадранте. Автор объясняет это явление наступившим 600 000 лет тому назад ненормальным положением солнечной системы. Его распознания были приняты и *Миланковичем*.

7. Для наглядного изображения этой ненормальности автор сопоставляет кривые i и Θ в картезианской и полярной системах координат. В последней i дает амплитуду, Θ же — направление. Таким образом становятся наглядными и перегрузка «предпочитаемого» квадранта и пустота «пренебрегаемого» квадранта. Если таким способом изобразить нормальное положение, то каждый квадрант будет погружен в одинаковой степени, и, что важно, кривая явления Θ — в соответствии со своим понятием — примет форму тангенсоиды

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{p}{q}$$

при каждом периоде.

К сожалению, из Пильгримовых таблиц это нельзя установить, потому что они приводят определенную величину ε, из которой выделить прецессии нельзя.

Краткая характеристика нормального и ненормального положения: при распределении пертурбационных сил, в нормальные времена больше падает на e, в ненормальные же — на ε.

8. Большая заслуга Пильгримовой таблицы заключается в том, что она охватывает 1 010 000 лет, вследствие чего распространяется и на 400 000 лет нормального периода конца плейстоцена.

Из Пильгримовой таблицы видно, что за 400 000 лет в конце плиоцена средняя амплитуда $\Delta\varepsilon$ была 36′ по сравнению с основной величиной $\Delta\varepsilon_0 = 23°17'$. В течение 600 000 лет четвертичного периода эта амплитуда увеличилась до 55′, то есть, стала полтора раза больше, чем в предыдущие нормальные времена. Период ε неизменно оставался 40 000 лет, но его амплитуда проявляла значительные отклонения в нормальные и в ненормальные времена.

9. Ввиду того, что e не имеет минимума, можно сопоставить лишь максимумы. Величина e относительно 400 000 лет конца плиоцена и 600 000 лет четвертичного периода показывает размеры 514 и 371, то есть, была неравномерной. И этим опровергается тези «новой проблемы» об одинаковой изменчивости.

10. Пильгримовы таблицы были исчислены на основании 42 постоянных *Стокуелла*. В них были учтены и массы планет, определенные по нашим знаниям 1860 года. Многие не питают доверия к Пильгримовым таблицам из-за ошибочных данных о массах планет. Однако, существенная ошибка наблюдается лишь при исчислении массы Меркурия. Ввиду того, что время его обращения равняется 88 дням, эта ошибка может вызвать в крайнем случае 116-дневную тремуляцию, которой в исчислении секулярных периодов можно пренебречь.

Более существенная ошибка сказывается в массе земли. Эта величина у *Стокуелла* (1850) равна 368 680, у *Мишковича* (1929) — 328 000, в учебнике же *Стрормгрина* (1933) - 332 270. При сравнении значительнейших исчислений последних лет оказывается 12-процентная ошибка. Величина 335 172, установленная *Пильгримом*, довольно близка к нашим нынешним оценкам. Если и имеются ошибки в его таблицах, нельзя сказать, что они увеличиваются со временем. При периодах четвертичной системы $\Delta(e \sin \pi)$, по сравнению с *Мишковичем*, разница всего лишь 27 лет, что можно игнорировать. При $\Delta\varepsilon$ наблюдаются большие отклонения но и эти не растут пропорционально с временем.

11. Ввиду того, что независимый от времени географический фактор $\Delta\varepsilon$ к северу увеличивается, а этот же фактор $\Delta(e \sin \pi)$ — снижается, становится понятным, что создавшаяся в нормальные времена хорошая интерференция между $\Delta\varepsilon$ и $\Delta(e \sin \pi)$ не имела последствий. В Скандинавии такая ледниковая амплитуда никогда не достигла Кёппеновой предельной величины, следовательно, не могла вызвать климатическую революцию в перигляциальной полосе.

12. На географической широте Альпов, однако, эта ледниковая интерференция вследствие превосходства $\Delta(e \sin \pi)$ в 514 : 371 и высокого географического фактора образовала иногда огромные ледники, как ледники четвертичного периода. Все же «альпийское» оледенение не могло вызвать сухой-холодный климат, охватывающий весь год. Амплитудные величины оледенений «альпийского» характера в конце плиоцена можно вычислить на основании Пильгримовой таблицы. Их порядок и номер совпадает с результатами геологических наблюдений (оттобейренская, штауфенбергская, дунайские I, II и III фазы). Тезис, высказанный в «новой проблеме», о том, что раньше не было ледниковых периодов, надо понимать так, что не было достигавших Кёппенового порога ледниковых периодов.

13. При разрешении «новой проблемы» в вышеизложенном смысле возникает вопрос, какой причине приписать возникновение такого ненормального положения в солнечной системе 600 000 лет тому назад. Автор старается получить ответ на этот вопрос от внутренней структуры вспомогательных переменных $\mathfrak{h}$, $\mathfrak{l}$, $\mathfrak{p}$ и $\mathfrak{q}$.

14. Бросается в глаза, что величины одногоднего среднего поворота линии апсид и узловой линии в случае постоянных *Миланковича* неравны по своей сумме, хотя длина перигелия и измеряется от точки весны, которая и сама является узлом.

$$\Sigma_6^0 g = 76\ 38\ 392''$$
$$\Sigma_6^0 g' = 76\ 38\ 342''$$
$$\text{разница или ошибка:} \quad = 00\ 00\ 050''$$

Если вместо величины $g_0' = 0''00000$, которая противоречит своему собственному понятию, и вызывает ненормальность, принять полученную выше величину, то для вели-

чин p_0 и q_0 получается период в 2598 млн лет, что, однако, гораздо больше, чем период, исчисленный на основе полураспада радиоактивного вещества, найденного в моренах докембрийских ледниковых периодов. Правильный результат можно получить лишь в том случае, если подставить величину $g_0' = 0{,}00076''$. В этом случае периоды p_0 и q_0 означали бы 1 700 миллионов лет, из числа которых четыре раза 25 миллионов лет попадали бы в ненормальный период, и четыре раза 400 миллионов лет — в нормальный период, что довольно хорошо соответствовало бы возрасту карбоново-пермского оледенения, а также и прежним ледниковым периодам, исчисленным на основе полураспада радиоактивных веществ. Из этого следует, что четвертичный период нельзя рассматривать как законченный период, потому что он представлял собой начало ненормальной эпохи 25 миллионов лет и преобладающая его часть падает на геологическое будущее. Голоцен же означает начало крупного межледникового периода примерно 100 000 лет.

15. Такое разрешение «новой проблемы», разумеется, является лишь первой попыткой ввиду того, что 400 000 лет конца плиоцена — слишком небольшое время для того, чтобы, исходя из него, сделать интерполяцию на тысячи миллионов лет. Нельзя, однако, забывать о том, что поднявшие «новую проблему» исследователи должны были бы, согласно законам дискуссии, подтвердить свои утверждения. С их стороны не было предпринято ни одной попытки исчисления. В предыдущем автор опровергал утверждения «новой проблемы» и оправдал теорию *Миланковича*.

DOLOMYS AND ONDATRA

By
M. KRETZOI
HUNGARIAN GEOLOGICAL INSTITUTE, BUDAPEST

The genus *Dolomys* has been, after some attempts,* established by A. NEHRING on the basis of material collected in 1847 by PETÉNYI from the late lower Pleistocene (Sicilian—Cromerian) at Beremend (Southern Hungary). Having examined further material from Beremend and Csarnóta, MÉHELY presented an exhaustive description of this genus and the unique species included viz. *Dolomys milleri* NEHRING. His investigations into the phylogenetic relations of this large-sized extinct vole-like animal of the Villány Mountains induced him to refer it definitely to the neighbourhood of the genus *Ondatra (Fiber)*, adding that «The high degree of similarity would surely warrant the unification of the two genera, i. e. the inclusion of *Dolomys milleri* in the genus *Fiber*, were it not that the posterior root of its second lower molar passes to the inner side of the incisor ; seeing, however, that in the genus *Fiber* both molar roots remain invariably on the outer side of the incisor — whatever the stage of wear — it is not possible to classify *Dolomys milleri* with this genus». This conclusion is further substantiated by the fact that MÉHELY's most weighty argument in favour of the separation of the two genera in question, namely the position of the molar roots above the root of the incisor (acro- and pleurodontism), cannot be considered as a permanent and essential character.

The works of NEHRING and MÉHELY were followed in 1926 by a comprehensive volume of M. A. C. HINTON on the *Microtinae* which also deals with the genus *Dolomys*. His conclusions may be summed up in the following four points :

1. He refers the genus *Dolomys* to the nearest relationship of *Arvicola* : «*Dolomys* apparently represents or at least is very nearly related to forms which must have been directly ancestral to the Water-Voles *(Arvicola)*».

2. HINTON considers the genus *Pliomys*, established previously by MÉHELY on the basis of fossils collected from Püspökfürdő (likewise Sicilian), as a group closely related to or derivable from *Dolomys* and merges it in the synonymy of *Dolomys*, including also its single known species, the *Pliomys episcopalis* MÉHELY in this genus.

* NEHRING referred it first (Naturw. Wochenschr. **28**, 1894) to the genus *Synaptomys*.

3. While taking over from MÉHELY the genus *Apistomys* and the species *coronensis*, he emphasizes that its distinguishing features are scarcely of generic importance.

4. As was notified by him in the preceding year, HINTON refers the vole described in 1921 by MARTINO from Montenegro under the name of *Microtus (Chionomys) bogdanovi* to the genus *Dolomys*; he points out in connection with the discovery of this living alpine Balkanic form that the *Dolomys* — believed to have become extinct — has entered our recent fauna («We therefore seem to have before us one of those rare cases in which a recent mammalian genus has been first detected by the paleontologist»).

Unknown to HINTON, I. BOLKAY has, almost simultaneously with and independently from MARTINO, detected this big, snow-vole-like alpine *Microtine* of the Balkans, and described it from an altitude of 2067 meters in the Bjelasnica Mountains near Sarajevo under the name of *Microtus (Chionomys) marakovići*. In later years (1935—41) three further forms have been described by MARTINO from Southern Yougoslavia, these already under the generic name *Dolomys (grebenscikovi, korabensis* and *preniensis)*.

In the period of about ten years as from 1930, numerous publications appeared in which the Microtinae of the rich faunae of the Hungarian and South German lower Pleistocene have been described or enumerated by T. KORMOS and F. HELLER respectively; this work was then completed by BRUNNER, SCHREUDER, KRETZOI, and recently by PASA, who have described additional material collected in Germany, Hungary and Northern Italy. Based on these publications the number of known species has been completed by *Dolomys episcopalis bolkayi* KORMOS, *Dolomys dalmatinus* KORMOS, *Dolomys lenki* HELLER and *Dolomys hungaricus* KORMOS; of the known species *Dolomys milleri* has been found at Tegelen (South Holland), Dalmatia and the neighbourhood of Trieste, while the range of the *Dolomys episcopalis* extended from Southern Germany to Dalmatia and Northern Italy.

The study of the *Dolomys*-remains belonging to the considerable *Microtine* material collected in the last years from the Villány Mountains and from Beremend has made it necessary to raise the entire *Dolomys* problem anew. It seems to be timely to carry out this revision, the more so as in the *Microtinae* described from the «Upper Pliocene» of North America there occur remains attributed to the genus *Ondatra;* these differ from *Dolomys milleri* in practically nothing else than their dimensions : a repetition of the case of *Mimomys*!*

On the basis of dimensions, the described material of *Dolomys* may be divided in three groups. The first covers the small forms, as *Pliomys episcopalis* (length of tooth row 5,2 to 6,0 mm, length of M_1 2,4 to 2,6 mm), *Dolomys episcopalis bolkayi* (length of tooth row 5,8 to 6,4 mm, length of M_1 2,7 to 3,0 mm),

* A typical species of *Mimomys*, under the name of *Cosomys primus*, has been described in 1932 by R. W. WILSON from the «Upper Pliocene» of California.

Apistomys coronensis (tooth row 6,3 mm, length of M_1 grinding surface 2,9 mm) and *Dolomys lenki* (tooth row 6,1 to 6,4 mm, M_1 2,55 to 3,06 mm).

The second group covers the forms of medium size and includes two extinct types and the living animals of the Balkans, as *Dolomys hungaricus* (length of tooth row 6,8 mm, length of M_1 grinding surface 3,0 to 3,1 mm), *Dolomys dalmatinus* (length of tooth row 7,4 mm, M_1 grinding surface 3,0 to 3,6 mm), *Dolomys bogdanovi* (length of tooth row 7,4 to 7,9 mm), *Dolomys markovici* (length of tooth row 7,7 to 8,4 mm).

The forms of great size making up the third group are *Dolomys milleri* (tooth row 8,5 to 9,0 mm, M_1 grinding surface 4,0 to 4,2 mm), *Ondatra idahoensis minor* (M_1 grinding surface 4,3 mm), and *Ondatra idahoensis* (M_1 grinding surface 4,6 to 4,9 mm)

The three groups, although not sharply distinguishable on the basis of dimensions, and ever overlapping, are still important, because they agree with groups distinguished according to morphological features.

As regards dental arrangement, the grinding surface of the dentition shows an approximately similar pattern in every one of the above forms, a total lack of cement in the re-entrant folds, and — first of all — the rooted molars being further characteristic common features in all of them. Beside these common features there are, however, certain well observable divergences, which afford a closer view into the taxonomical and phylogenetic relations existing between the enumerated forms, so that it will be well worth while going into details in this respect.

M_1 is the molar which seems to be invested with the most important characters in the lower dentition. It is generally characteristic of this molar that its posterior enamel prism (hypolophid), as also the two preceding, lingual prisms (endolophid and metalophid) and finally one labial enamel prism (protolophid) present the normal shape, while one additional labial and lingual enamel prism respectively become completely detached from the posterior part of the preceding paralophid complex, while its remaining frontal part forms a cap of varying shape and dimensions.

This cap presents in the *Pliomys episcopalis* a slightly rounded wedge directed obliquely back and outward separated by a narrow neck from the detached posterior paralophid prisms. *P. episcopalis* is closely allied to *Dolomys episcopalis bolkayi*, representing a more developed form with higher dental prisms. The difference between these forms on the one hand and the third and fourth forms i. e. *Apistomys coronensis* and the South German *Dolomys lenki* on the other — consists in the fact that the anterior obtuse angle of the wedge is rounded off, inflected and produces the shape of a cap or hat of variable height.

An aberrant form of the cap is seen in the living forms and in the typical form of *Dolomys dalmatinus* as also in *D. hungaricus* : the moderately high cap

is separated from the hind part of the paralophid prism by a deep inner re-entrant angle and not by the equally developed outer and inner re-entrant angles meeting in the median line.

The third form of frontal prism presents the shape of a flat cap of deflected sides and is marked in young animals with a sharp inner and one or more obtuse outer re-entrant angles disappearing with advancing age. This kind of cap appears in its typical form in *Dolomys milleri* and *Ondatra idahoensis*, while its primitive stage is represented by the M_1 of KORMOS' «*Dolomys milleri*» from Monrupino (which, in view of the flatness of the cap, is conisdered by the author as a more primitive type and, as such, to be distinguished from *Dolomys milleri* under the name of *Dolomys monrupinus* nov. sp.). To this primary stage belongs also *Ondatra minor* which latter shows a still primitive paralophid pattern (divided into a cap and crests). The forms of *Ondatra* tend to the same group since the paralophid cap of these forms — including those found in the later Pleistocene and the living species *(zibethica, annectens)* — appears to be further complicated by the appearance of equally developed outer and inner re-entrant angles; *Neofiber*also belongs more or less to this group, the difference between the two types being that, while the re-entrant angles in the molars of the former are filled with cement, the latter has become rootless with open molar prisms.

Another highly characteristic member of the dentition is M_3. As far as can be seen in the 8 species examined, this molar has developed two well-separated types. While in *Dolomys milleri* and *idahoensis* the re-entrant angle behind the frontal prism on the labial side penetrates to a considerable depth (beyond the axis of the tooth) so that a prism of normal dimensions and shape is developed between the same and the first inner re-entrant angle, it is scarce in *Dolomys episcopalis*, *coronensis*, *lenki*, *dalmatinus* and the living forms, the outer prism being marked by just a slight rib on the outer border of the tooth. Moreover, while in the first group the frontal prism appears to be labially tapering in the pattern of the grinding surface and forms an obtuse salient angle, in the other forms it is the lingual salient angle which is acute and presents a well elongated shape.

We may finally deal with the structure of the hard palate since it can be examined not only in the living forms but, owing to MÉHELY's exhaustive and well illustrated monography, also in *Dolomys milleri*, *Pliomys episcopalis* and *Apistomys coronensis*, so that each of the three dimensions and every one of the M_1 types are available for comparison.

It is known that, apart from a narrow alveolar ridge, the palate of the *Microtinae* abruptly descends from the height of the middle or end of the M_2 backward into a lower plane, compressing the fossa interpterygoidea in the shape of a horseshoe the sides of which join the pterygoid bones. The two planes are bridged in the middle by an inclined plane formed by the squama carinae

covering the fossa interpterygoidea in the primitive forms; in the more advanced types, however, the squama becomes more and more eminent, gradually broadening out and finally reaching the lateral lamina that has remained in the higher level and, united with it, serves to extend the whole palatum durum.

Among the above described forms, in the *Microtus* group a well characterised primitive palate with an oblique, flat squama can be observed in *Pliomys episcopalis* and *Apistomys coronensis* (with the difference of the palate being unusually broad), while three subsequent stages of the protruding and broadening of the squama are represented in *Dolomys milleri* and the forms of the genera *Ondatra* and *Neofiber;* the stage of an elongated hard palate and a sharply cut-off hind palatal margin has been reached only in the *Dolomys bogdanovi-marakovici* group. As the stages of palatal development do not coincide with that based on the degree of observed general development (i. e. height of molar prisms etc.), it must be taken for a proof of the isolated evolution of each of the groups.

To sum up the above, the forms of *Dolomys* may be divided into three natural groups:

1. Forms of small size with *Microtus*-like palatal development, very high dental prisms, simple wedge- or cap-shaped frontal prism of M_1, and with a slight rib in the place of the second outer salient angle of M_3. European faunae of the Sicilian age (save the most ancient ones): *Pliomys* MÉHELY 1914 (Monotype: *Pliomys episcopalis* MÉHELY 1914). Species: *episcopalis* MÉHELY 1914, e. *bolkayi* (KORMOS 1931), *coronensis* (MÉHELY 1914), *lenki* (HELLER 1930), and the varieties of the latter *(forma tenuis, depressa, intermedia, inflexa* HELLER 1930), and possibly *hungaricus* (KORMOS 1934).

2. Forms of medium size (the living species resembling alpine snow-voles) provided with an extended posterior palatal margin, uniformly developed M_1-cap, M_3 similar to that of *Pliomys*. In the Sicilian deposits of Dalmatia and living in the Dinarian Alps at altitudes up to and even exceeding 2000 m *Dinaromys* n. g. (Holotype: *Microtus (Chionomys) marakovici* BOLKAY 1924). Forms that may be included: *Dolomys bogdanovi* (MARTINO 1922), *marakovici* (BOLKAY 1924), *grebenscikovi* (MARTINO 1935), *korabensis* (MARTINO 1937), *preniensis* (MARTINO 1940), *dalmatinus* (KORMOS 1931) and, possibly, though it belongs probably rather to *Pliomys*, also *Dolomys hungaricus* (KORMOS 1934).

3. Large-sized forms with well developed palatal squama; hypsodonty of medium size, flat M_1 cap, articulated, in young animals; well developed ridge on the labial surface of M_3 in the second salient angle. In the Calabrian and Sicilian deposits of Europe and North America: *Dolomys* NEHRING 1898 (Monotype: *D. milleri* NEHRING 1898). Included forms: *D. milleri* NEHRING 1898, *minor* (HIBBARD 1934), *idahoensis* (HIBBARD 1934), *monrupinus* n. sp.

These three groups are closely related to two living North American genera, viz. *Ondatra* (= *Fiber)* and *Neofiber*.

As regards the shape of M_1 cap and development of M_3, *Ondatra* LINK 1795 cannot be distinguished from *Dolomys*, their palatal structure, too, being almost identical; divergences appear in two respects only:

a) the re-entrant folds of the molars in *Ondatra* are filled with cement (never occurring in any of the above three genera, not even as an exception); *b)* even the smallest form of the genus *Ondatra* are much larger in size than those of the undoubted species of *Dolomys*. However, in view of the fact that cement is lacking in the unworn teeth and that the folds are filled gradually with advancing age only, while the difference in size is not too convincing in the smaller fossil forms (e. g. in the case of *Ondatra annectens* BROWN), the delimitation of the said two genera, as based on the known characters, is anything but sharp. This seems to completely justify the hypothesis of MÉHELY regarding the close relationship between the two genera.

The rootless teeth of *Neofiber* TRUE 1884 serve to distinguish it from the rest, while, in other respects, it is quite as difficult to separate it from *Dolomys* s. str. as from *Ondatra*.

*

The above survey has offered not only a more detailed arrangement of the forms known as *Dolomys* but has, at the same time, demonstrated that the three above treated genera (and especially one of them, viz. *Dolomys* s. str.) are in the closest relation to the *Ondatra* types of North America. This close relation makes it necessary to separate them from the other groups so that they should be included in the family of voles as a separate unit.

This, however, is not so easy, one of the chief difficulties being that, with complete disregard of phylogenetic principles, the supergeneric system of the voles still follows the conservative tripartition — *lemmings*, *voles*, *Ellobius* — although this division has become obsolete from ethiological-external morphologic points of view.

The evolution of the voles (*Arvicolidae* GRAY 1821 = *Microtidae* COPE 1891) from *Hesperomyne* ancestors has supposedly taken place since the beginning of the Miocene age; in the course of this evolution a prismatisation of the molars, as a consequence of Graminea food, has been brought about in a manner perfectly identical to that observed in the phyletic evolution of horses. While the Miocene representatives of this ancestral line have not been found or recognized yet, its lowest Pliocene and late lower Pleistocene (Sicilian) members are represented by the East Asiatic genera *Anatolomys* and *Microtodon* and the South Hungarian genus *Baranomys*. This branch, i. e. the *Baranomyinae* is sharply distinguished from the Mongolian Lower Pleistocene *Microtoscoptes*.

Not far beyond the line of *Microtoscoptes*, the branch of *Ellobiinae* has branched off; small-sized relatives of this branch appear in the Lower Sicilian of Germany and Hungary as the genera *Germanomys* and *Ungaromys*; suppos-

ing that these genera are not closely related to the *Prometheomyinae* which, known in a single genus only, show a great similarity to the *Ellobiinae* as far as dentition is considered, but are very different in other respects (cranial characters etc.). This problem cannot be solved until we get further information about the skull of the above mentioned Hungarian and German «preglacial» forms. Till then, *Prometheomys* and *Ellobius* should strictly be held apart.

Two further very distinct types, represented by *Lemminae* and *Myospalacinae*, are much more suggestive of the ancestral molar structure of the *Baranomyinae*. The cranial structure and general build of *Myospalacinae*, have deviated from the usual shape of voles to such an extent that they are generally not referred to this group, although — on the other hand — the basic pattern of their dentition points to ancient connections with that of *Microtodon*.

The *Lemmings* (exclusive of *Dicrostonys* which is usually but wrongly classed in this group) form another very exclusive group the dentition of which shows the modified characters of the ancestral structure even more clearly than that of the *Myospalacinae*.

If we put all the above treated lines — the *Hesperomyinae*, ancient *Baranomyinae*, the *Lemminae* which have retained the primitive but, in other regards, differently developed pattern of the grinding surface, the distinctively specialized *Myospalacinae*, further the *Ellobiinae* and *Prometheomyinae* which have branched off in an independent manner, and finally the *Microtoscoptes* which probably form but a short blind branch — on one side, we may put all the other voles, i. e. the great majority of *Arvicolidae* on the other side, since they belong more or less uniformly to a further branch characterized by a complication of the frontal prism (so-called «cap») of M_1.

In consequence of the great variety, the *Arvicolinae* can be divided into separate groups, all of which show differing characteristics regarding the trend and evolutionary degree of their representatives. The first group comprising *Promimomys*, *Mimomys* as well as the genera *Arvicola* and *Phaiomys-Allophaiomys (Arvicolini)* show the most ancient type of molar structure, retained as a conservative pattern even in the living forms.

The second, very closed group of *Arvicolinae* includes the tribe *Ondatrini* which has been dealt with above.

The third group, *Microtini*, including the bulk of the genera of the family characterized by a mediocre degree of development, may be held, in spite of its great variability, as a closed unit.

The fourth and fifth groups are formed by two phylogenetically isolated genera, namely *Lagurus* and *Dicrostonyx* respectively (*Lagurini* and *Dicrostonychini*) ; the dentition of the former showing a moderate development, that of the latter reaching a very high degree.

Of the groups which did not appear until the beginning of the Quaternary, that of *Lemminae* is represented since the onset of the North American and

European Calabrian stage by remains which show in every respect the recent degree of development, indicating that this group intruded with its independent phylogeny far in the Tertiary.

As regards to *Arvicolinae* the *Arvicolini* tribe, as represented by the *Mimomys* with rooted tooth, is known from Middle and Southern Europe and North America, likewise in the Calabrian and Sicilian horizons ; its most ancient rootless forms *(Allophaiomys)* and its recent genera *(Arvicola* and *Phaiomys)* have so far been known from the younger layers of the Sicilian horizon. Allied to the group are the «gigantic» Calabrian-Sicilian forms of the genus *Kislángia*, and the pigmy forms of the genus *Villányia* n. g. (with wide, rounded and opposite re-entrant angles).

The history of the *Microtine* branch is still far from having sufficiently been explored ; they appeared, as far as it is known, with the start *(Clethrionomys)*, or in the second part of the Sicilian horizon *(Microtus*, *Pitymys* etc.). We are even less able to trace the forms with rootless molars of this branch to ancestors with rooted teeth than in the case of *Arvicolini ;* as regards these latter, it is quite possible that the *Mimomys*-forms that lie before us are the very forms we are looking for, the only trouble being that we have not yet been able to ascertain the transitional forms by way of successive root-reductions.

The branch of *Lagurini* has been known up to now from the Sicilian sediments of the Hungarian Basin only ; it has recently been possible to sample it also from the Calabrian horizon at Kisláng (County Fejér, Western Hungary), where a few cement- and rootless molars with high prisms of a typical though primitive form of *Lagurus (L. arankae* KRETZOI 1950) have been discovered.

The branch of *Dicrostonychini*, possessing the most complicated dental pattern among the voles has only been known since the deposits of the last glaciation, although the apparently idependent phylogenetic evolution of its dentition points to the probability that it will yet be classed with the most ancient independent branches.

The above suggested system is, of course, a mere outline only, so that new data may both amplify and modify it. It is in any case safe to say that, as regards the phylogeny of the above treated family, it has been very entangled and that the recent stage has been reached through a number of isolated, parallel, independent, ancient lines.

SUMMARY

Giving a revision of the *Microtine* forms included in the genera *Dolomys*, *Pliomys* and *Apistomys*, author distinguishes three taxonomical-phylogenetic groups :

1. *Pliomys* MÉHELY 1914.— Species : *episcopalis* MÉHELY 1914, *coronensis* (MÉHELY 1914), *lenki* (HELLER 1930) with varieties, possibly *hungaricus* (KORMOS 1934) and *parvus* (HIBBARD 1934).

2. *Dinaromys* n. g. — Species : *marakovici* (BOLKAY 1924), *bogdanovi* (MARTINO 1935), *korabensis* (MARTINO 1940), *dalmatinus* (KORMOS 1931).

3. *Dolomys* NEHRING 1898. — Species: *milleri* (NEHRING 1898), *monrupinus* n. sp., *idahoensis* (HIBBARD 1934) and *minor* (HIBBARD 1934).

The family of *Arvicolidae* GRAY 1821 (= *Microtidae* COPE 1891) is deduced by the author from *Hesperomyine*-like brachyodont ancestors of the early Miocene and grouped as follows:

Baranomyinae n. sf. *(Baranomys, Microtodon).*
Microtoscoptinae n. sf. *(Microtoscoptes, Goniodontomys).*
Ellobiinae (Ellobius, ? Ungaromys, ? Germanomys).
Prometheomyinae (Prometheomys).
Lemminae (Lemmus, Synaptomys, Myopus, Pliolemmus).
Myospalacinae (Myospalax, Prosiphoneus).
Arvicolinae (s.str.).
Arvicolini n. *(Promimomys, Mimomys, Kislángia, Arvicola, Villányia* n., *Phaiomys, Allophaiomys).*
Ondatrini n. nom. *(Ondatra, Neofiber, Dinaromys* n. g., *Ogmodontomys, Pliomys, Dolomys).*
Microtini (with many genera).
Lagurini n. *(Lagurus).*
Dicrostomychini (Dicrostonyx).

DIE KLIMATISCHE GLIEDERUNG DES MITTELEUROPÄISCHEN PLEISTOZÄNS

Von
P. KRIVÁN

GEOLOGISCHES INSTITUT DER L. EÖTVÖS UNIVERSITÄT, BUDAPEST

(Vorgetragen in der Sitzung der Ungarischen Geologischen Gesellschaft, am 3. November 1954)

Die MILANKOVIČ-Theorie hat in der Geschichte erdgeschichtlicher Forschung zum ersten Mal die Möglichkeit eröffnet die wechselnde Reihe paläogeographischer Landschaftsbilder sowie die Ursachen und den Verlauf ihres Wandels, unabhängig von erdgeschichtlicher Analyse, auf Grund der sekulären Variation der Erdbahnelemente in grossen Zügen zu verfolgen. Die völlig auf Tatsachen begründete Einstrahlungstheorie von MILANKOVIČ [1, 2] hat nicht nur die kosmischen Gründe der Vereisungen, sondern auch ihre zeitliche Rhythmizität zu begründen und zu erklären vermocht. Man kann seine mit KÖPPEN gemeinsam geschaffene Synthese [3] an Hand von folgenden Punkten kritisieren:

1. Ist die Theorie als Erklärung für die Ursachen der Vereisungen annehmbar?
2. Kann sie als Grundlage der erdgeschichtlichen Gliederung des Pleistozäns dienen?

Man kann die Gliederung des Pleistozäns nicht vornehmen, ohne die Gründe für die Vereisung anzugeben und ohne eine einheitliche Vereisungssynthese, die die Ursachen und den Verlauf der Vereisungen erklärt, zu erstreben.

Damit wurde auch schon auf das Wesen der MILANKOVIČ-Frage hingewiesen; man darf von MILANKOVIČ nur die Verteidigung seiner Theorie gegen theoretische Einwände, die Erwägung und Bewertung mitwirkender terrestrischer Vereisungsfaktoren (z. B. Reflexionseffekt [4]), die Eneuerung und Erweiterung seiner Theorie auf dieser Basis, und schliesslich als Quintessenz dieser Theorie, die Herstellung einer Strahlungs- oder Klimaveränderungskurve des Pleistozäns erwarten. Die erdgeschichtliche Synthese des Quartärs war jedoch nicht seine Aufgabe. Die Erschaffung derselben ist von EBERL [5, 6], SOERGEL [7, 8], WUNDT [9, 10, 11, 12] und ZEUNER [13, 14] unternommen worden.

Zwischen der MILANKOVIČ-Theorie und der zeitgenössischen Entwicklungsstufe der erdgeschichtlichen Analyse zeigten sich neben vermeintlichen

Widersprüchen auch wesentliche Übereinstimmungen. Die Interpretierung der Widersprüche erschien besonders bei SOERGEL [7] erzwungen und nach dem theoretischen Einwand von PENCK [15] konnte KLEBELSBERG nichts mehr abhalten, dem allgemein verbreiteten Widerspruch zur MILANKOVIČ-Theorie Ausdruck zu verleihen [16]. Letzterer sah in den unabhängig von MILANKOVIČ formulierten, grundlegenden geologischen Feststellungen von EBERL [5, 6] und SOERGEL [17, 18] die präformierende Wirkung der MILANKOVIC-Theorie, obwohl die allgemeine Vierteilung des Pleistozäns schon seit PENCK [19], die Dreiteilung des Würms seit GAGEL [20, 21], SOERGEL [17] und KRENKEL [22] bekannt war.

Im Verfahren von FLOHN [23] widerspiegelt sich gleichfalls die allgemeine Auffassung: er macht schon überhaupt keinen Versuch seine wichtigen Erkenntnisse über die allgemeine atmosphärische Zirkulation des Quartärs mit der MILANKOVIČ-Theorie in Einklang zu bringen. Die teilweisen Änderungen der KÖPPENschen [3, 24] Feststellungen genügen ihm, um zu der als Entwicklungsgrundlage nicht mehr geeigneten PENCKschen Quartärgliederung auf Grund von Kälte und Wärme bzw. Glaziale und Interglaziale zurückzukehren.

In der Wissenschaft herrscht ein allgemeiner Rückzug zur PENCKschen Basis. Bezüglich der Vereisungsursachen werden terrestrische und kosmische Ursachen gleichgesetzt, statt einer Subordination beeinflussender Neben- und bestimmender Hauptfaktoren. PENCK (1937) hat noch die kosmischen Ursachen betont: bei SCHWARZBACH [25] erscheinen diese als nicht näher definierte, in ihren Zusammenhängen unerforschte, dem wandelnden «Erdbild» gleichwertige Faktoren. Nachdem SCHWARZBACH [25, 189] erklärt, dass «die grossen Klimaschwankungen der Erde ungemein komplexe Erscheinungen» sind, nimmt er gegen MILANKOVIČ Stellung [25, 190]: «Die 'Strahlungskurve' ist anscheinend nicht geeignet, um die mehrmaligen Vereisungen im Quartär zu erklären.» Kehrt man die Reihenfolge seiner Feststellungen um, so kommt man der Wahrheit nahe. Nicht die, schon von ADHÉMAR [26], CROLL [27] und PILGRIM [28] vorausgesagte, grundlegende Kenntnis von MILANKOVIČ ist falsch, sondern der Entwicklungsgrad, die Interpretation und die Exposition seiner Theorie, der «Strahlungskurven»-Zustand, sind ungeeignet, um in ihrer heutigen Form den bestehenden Problemen standzuhalten. Die Lage war also nicht a priori «ungemein komplex», sie wurde es infolge der allgemeinen Ablehnung.

Die Theorie von Milankovič und Bacsák als Erklärung der grossen erdgeschichtlichen Vereisungen

Die Gründe für die allgemeine Zurückhaltung und Vorsicht wurden durch eine unbewiesene Behauptung von PENCK [15] erneuert, u. zw. sollten sich die Erdbahnelemente vor dem Pleistozän in *derselben Weise* geändert haben wie

im Verlaufe desselben. Diese Behauptung erlangt durch eine erdgeschichtliche Tatsache Wichtigkeit: sind nämlich die Vereisungen wirklich durch die Variation der Erdbahnelemente verursacht worden, so erhebt sich die Frage, warum keine Vereisungsspuren zwischen karbon-permischer Vereisung und Pleistozän vorhanden sind.

Der genannte theoretische Einwand war früher auch schon bekannt. KÖPPEN [3] und später MILANKOVIČ [29, 30] haben sich mehrfach damit beschäftigt. Letzterer hat die Erklärung teils auf die Kontinentenverschiebungshypothese von WEGENER, teils auf eine etwaige Veränderung der mittleren Erddistanz [29], später wieder auf die Theorie der allgemeinen Relativität begründet, statt eine eingehende Untersuchung der LAGRANGEschen Hilfsveränderlichen von langer Periode bzw. ihrer Komponenten [31, 32] vorzunehmen.

BACSÁK [31, 32] lenkte die Aufmerksamkeit von MILANKOVIČ auf den logischen Fehler in dem von PENCK erneuerten sog. astronomischen Einwand. Die infrapleistozäne Veränderung der Bahnelemente setzt an sich noch keine Vereisung voraus. Die Vereisungen sind vielmehr von der Art und Intensität der Interferenzen zwischen den Bahnelementen abhängig. Der «astronomische Einwand» wäre erst berechtigt, wenn er zugleich von glazialen Interferenzen über den KÖPPENschen Schwellenwert einen Nachweis erbringen könnte. Im Interesse eines derartigen Beweises sind jedoch nicht einmal Versuche angestellt worden. Der «astronomische Einwand» erweist sich demnach als «illogische Extrapolation» [32].

Die Rechtfertigung, Weiterentwicklung und Erneuerung der MILANKOVIČ-Theorie sowie die eindeutige Synthese der erdgeschichtlichen Vereisungsperioden ist von BACSÁK durchgeführt worden [31, 32, 33, 34, 35]. Er hat sich nicht mit dem Beweis des logichen Fehlers im astronomischen Einwand begnügt, sondern erstrebte darüber hinaus eine logische Extrapolation [31, 32]. Er verfolgte den erdgeschichtlichen Wandel der zeitabhängigen LAGRANGEschen Hilfsveränderlichen p und q. Er zeigte in einem Hauptsatz und sechs Beweisschritten den Zusammenhang der grossen erdgeschichtlichen Vereisungsperioden mit den asymmetrischen Verlaufsphasen der Hilfsveränderlichen p. Es können während den symmetrischen Verlaufsphasen von p keine Vereisungen eintreten. BACSÁK betont, nachdem er die Unabhängigkeit der Vereisungen vom pleistozänähnlichen Wandel der Erdbahnelemente im Gegensatz zum «astronomischen Einwand» festgestellt hat, dass sich die Schwankung der Bahnelemente zu symmetrischen bzw. asymmetrischen Verlaufszeiten von p grundlegend verschieden gestaltet. Diese Tatsache schliesst aber, in Anbetracht der langen Periode von p, das Entstehen von Vereisungen von Hunderten von Jahrmillionen aus [eingehender s. 31, 32, 34, 35].

Nach der BACSÁKschen Anschauung wird eine starre obere Begrenzung des Pleistozäns überflüssig, da das Holozän nur den Beginn einer langen Inter-

glazialen, und das Pleistozän bloss die Anfangsperiode einer 25 Millionen Jahre dauernden «abnormalen» Region darstellt.

Die Theorie von Milankovič und Bacsák, als Grundlage der erdgeschichtlichen Gliederung des Pleistozäns

Die meisten Angriffe gegen die MILANKOVIČ-Theorie waren auf die Strahlungskurve gerichtet. Noch heute steht sie im Brennpunkt der Diskussion. Die MILANKOVIČ-Theorie wird ihretwegen verworfen, jedoch ohne dass die Opponenten die Untersuchung der Rolle der Faktoren $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ als Komponenten der Kurven ΔQ_s und ΔQ_w getrennt voneinander und in ihren Zusammenhängen mit W_s, W_w und m unternommen hätten. MILANKOVIČ selber hat der Kritik diese Angriffsfläche dargeboten, indem er der Quartärgliederung die Einstrahlungskurve zugrundelegte, ohne eine Vereisungskurve anzugeben. Ohne eine Vereisungskurve, die den Entwicklungszeitpunkt, die Dauer sowie den vielfachen Vorstoss und Rückzug der Vereisungen und das Verhältnis ihrer Verbreitung zum kritischen KÖPPENschen Schwellenwert darstellt, ist die Strahlungskurve selbst nach der von BACSÁK [36, 37] ausgeführten Reduktion zum Durchschnittswert des Pleistozäns und nach anderen Abänderungen ungeeignet, um die Grundlage für eine Pleistozängliederung zu bilden. Die Kurve von SOERGEL [8] über die Schwankungen der Inlandeisdecke sowie die Schneegrenzenkurve von WUNDT [12] versuchen eben diesen Mangel zu beseitigen. Die Bedeutung der SOERGELschen Vereisungskurve liegt eben in der Absicht, die glazialen Schwankungsamplituden auszuwerten. Obzwar fehlerhaft, wahrscheinlich infolge der nicht erkannten Verschiedenheit von alpinen und skandinavischen Vereisungstypen, nimmt sie dennoch ohne sich nur auf die ungenügende Strahlungskurve zu stützen, die Feststellung der zeitlichen Dauer der Inlandeisdecken und im weiteren die Begründung der Pleistozängliederung mit Rücksicht auf die Inlandeiswirkung vor. BACSÁK ist eben durch die Kritik [37] der SOERGELschen Vereisungskurve [8] zur Unterscheidung der «vereisten» und «eisfreien» Phasen gelangt. Die kritische Abhandlung von BACSÁK ist wegen der auf die Analyse von KÖPPENschen Schwellenwerten und glazialen und antiglazialen Schwankungsamplituden begründeten empirischen Vereisungskurve [37, 32] von ausserordentlicher Wichtigkeit. Ihre Ergebnisse sind von MILANKOVIČ brieflich anerkannt worden (Belgrad, 21. 9. 1946).

BACSÁK untersucht eingehend und berichtigt die Ausgangsgrundlagen von MILANKOVIČ, weist auf seine Fehler und Mängel hin, und befreit die MILANKOVIČ-Theorie mittels Neuuntersuchung der Einstrahlungsvariation zwischen den geographischen Wendekreisen von einer seiner grössten Schwierigkeiten.

Die erneuerte Milankovič-Theorie

I. Die solaren Klimatypen von Bacsák*

Während Milankovič die Werte von $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ auf den zufälligen und relativen Wert des Jahres 1800 u. Z. bezog [29, 125—126], verfuhr Bacsák [36] auch theoretisch richtig, als er $\Delta\varepsilon_0$ gleich 23° 17' und $\Delta(e \sin \pi)_0$ gleich 0 setzte, also die Durchschnittswerte für das ganze Pleistozän als Grundlage nahm. Später hat er sich selbst noch berichtigt [34] und änderte den $\Delta\varepsilon_0$-Wert seiner Berechnungen von 23,242° auf 23,283°. Auch bei den kalorischen Halbjahren W_s und W_w ist er bei seinen Berechnungen statt von dem Durchschnittswert des Jahres 1800, vom Pleistozändurchschnitt ausgegangen. Auf Grund der Sommer- und Winteramplituden ΔQ_s und ΔQ_w von Bacsák erhalten wir eine wesentlich realere Bildkurve über den Verlauf der pleistozänen Strahlungsvariationen, ohne dabei die Reihenfolge der 18 ungleichen Teile der Milankovičschen Gliederung zu stören.

Die Rückkehr zu den pleistozänen Durchschnittswerten der Erdbahnelemente ergab neue Grundlage und Möglichkeit für die Weiterentwicklung der Milankovič-Theorie. Bacsák benutzte denn auch diese Möglichkeit [36] und unterschied nebst den von Milankovič nur qualitativ gekennzeichneten glazialen und antiglazialen Schwankungstypen noch zwei weitere Schwankungsarten. Er leitet seine vier Schwankungstypen, d. h. Klimatypen im solaren Sinne, von den vier Interferenzmöglichkeiten der Erdbahnelemente ab.

1. Bei glazialer («*g*») *Schwankung* lauten die Vorzeichen der Bahnelemente

$$\Delta\varepsilon : -$$

$$\Delta(e \sin \pi) : +$$

Die sommerliche Jahreshälfte ist infolgedessen kühl, die winterliche mild, warm; die Witterungsunterschiede der Jahreszeiten sind ausgeglichen. Im Sommer kann durch beide Faktoren die Durchschschnittstemperatur vermindert, im Winter dagegen erhöht werden.

2. Bei subtropischer («*st*») *Schwankung* lauten die Vorzeichen der Bahnelemente

$$\Delta\varepsilon : +$$

$$\Delta(e \sin \pi) : +$$

* ε: ekliptische Schiefe, e: Exzentrizität, π: Länge des Perihelpunktes, w_s, w_w, m: zeitunabhängige, ortsabhängige Faktoren des Milankovičschen Strahlungssatzes. ΔQ_s, ΔQ_w: Intensität der sommerlichen bzw. winterlichen Einstrahlung in kanonischen Einheiten, auf den Durchschnitt des Pleistozäns bezogen.

Folglich ist die sommerliche wie winterliche Jahreshälfte im Durchschnitt mässig, da $\Delta\varepsilon$ die Durchschnittstemperatur des Sommers hebt, $\Delta(e \sin \pi)$ sie dagegen senkt: die Durchschnittstemperatur des winterlichen Halbjahres wird im Gegenteil von $\Delta(e \sin \pi)$ erhöht und von $\Delta\varepsilon$ gesenkt.

3. Subarktische («*sa*») *Schwankung* entsteht bei der Interferenz

$$\Delta\varepsilon : -$$

$$\Delta\,(e\ \sin\ \pi) : -$$

der Bahnelemente. Beide Jahreshälften sind mässig und durchschnittlich, da im Sommer die Durchschnittstemperatur durch $\Delta\varepsilon$ vermindert und durch $\Delta\,(e \sin \pi)$ erhöht, im Winter dagegen durch $\Delta\varepsilon$ erhöht und durch $\Delta\,(e \sin \pi)$ vermindert wird. Trotzdem Winter und Sommer der subtropischen und subarktischen Schwankungen «durchschnittlich» sind, gestaltet sich ihr Verlauf verschiedenartig, eben wegen der entgegengesetzten Interferenz der Bahnelemente.

4. Die antiglaziale («*a*») *Schwankung* wird durch die Interferenz

$$\Delta\varepsilon : +$$

$$\Delta(e \sin \pi) : -$$

verursacht.

Die sommerliche Jahreshälfte ist warm, die winterliche dagegen kalt, weil im Sommer beide Faktoren die Durchschnittstemperatur erhöhen, im Winter sie jedoch senken. Die Gegensätze der Jahreszeiten werden stärker betont.

Offiziell hat sich MILANKOVIČ über die theoretische Berichtigung durch BACSÁK, nämlich über die Rückführung der Variation der Bahnelemente auf den Pleistozändurchschnitt, nicht geäussert. Sein Anerkennen bezüglich der Einführung der Klimaschwankungen [38] ist jedenfalls als eine positive Kritik der theoretischen Berichtigung zu bewerten.

II. Zusammenhänge zwischen den alpinen und skandinavischen Vereisungen

Eine inländische Vereisung kann auch durch eine schwache glaziale Schwankung verursacht werden, falls nämlich das Schmelzen der vorangehenden Eisdecke nur zum Teil erfolgte (wie z. B. bei M_3 (= MR_1) und W_3) und die Wirksamkeit von $\Delta\varepsilon$ diejenige von $\Delta(e \sin \pi)$ übertrifft. Wenn aber die Bildkurven von $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ in ungünstiger Weise interferieren, wenn also die glaziale Interferenz der Bahnelemente kurzfristig ist — oder aber die verur-

sachten Strahlungsamplituden die KÖPPENsche Revolutionszone* nicht erreichen, — so erfolgt eine «*sterile*» *Glaziale*, d. h. eine glaziale Schwankung ohne Inlandeisbildung. Als solche «sterile» glaziale Schwankungen können die Ottobeurener, Staufenberger bzw. Donauer Phasen von EBERL [5, 6], die Prärisss- $= MR_3$), Präwürm-($= R_3 = RW$)-Phasen von SOERGEL [7, 8] und die Schwankungen MR_2 und MR_4 von BACSÁK gedeutet werden.

BACSÁK [32, 33, 34, 35] geht bei der Erklärung der EBERLschen Phasen von einem auch von MILANKOVIČ angenommenen Satz aus. Laut dessen geriet das Sonnensystem vor 600 000 Jahren in einen «abnormalen» Zustand. Diesen Zustand kann man kurz folgendermassen kennzeichnen: Bei der Verteilung der störenden Kräfte entfällt in normalen Zeiten mehr auf e, in anomalen mehr auf ε. Es konnten zu normalen Zeiten — in Anbetracht des zeitunabhängigen geographischen Faktors von $\Delta\varepsilon$ bzw. $\Delta(e \sin \pi)$, der bei dem ersteren in nördlicher Richtung zu-, bei dem letzteren dagegen abnimmt — trotz günstiger glazialer Interferenzen der Bahnelemente nur «sterile» glaziale Schwankungen zustande kommen, da der KÖPPENsche Grenzwert in Skandinavien nicht erreicht wurde. Die Entwicklung einer Inlandeisdecke war nicht möglich, die KÖPPENsche Klimarevolution blieb aus. «Eine derartige glaziale Interferenz konnte dagegen auf der geographischen Breite der Alpen wegen dem Übergewicht von $\Delta(e \sin \pi)$ im Verhältnis 514 : 371 und infolge seines grossen geographischen Faktors manchmal mächtigere Gletscher entstehen lassen (nämlich in den Alpen) als die Quartärvereisungen selbst. Selbstverständlich konnte eine solche *alpine Vereisung* an und für sich niemals ein trocken-kaltes Klima das ganze Jahr über verursachen und hat den KÖPPENschen Schwellenwert nie erreicht» [35]. EBERL nahm, laut seines Briefes vom 2. August 1939 an BACSÁK, noch frühere alpine Vereisungen für wahrscheinlich an; er berichtet über die Entdeckung von pliozänen und sogar von miozänen Vereisungen, die älter als die Ottobeurener Phase sind.

Der nördlich zunehmende, zeitunabhängige geographische Faktor von $\Delta\varepsilon$ und der nördlich abnehmende von $\Delta(e \sin \pi)$ weisen zugleich auf den Zusammenhang zwischen alpinen und skandinavischen Vereisungen hin. *Der alpine Ver-*

* Der KÖPPENsche *Schwellenwert* wird von MILANKOVIČ als eine Konstante angegeben [29] und als die Sommeramplitude einer Schwankung definiert, die eine zur Entstehung einer KÖPPENschen Klimarevolution genügende Eisdecke gerade noch zu bilden vermag. Der geographische Schwellenwert einer solchen überkritischen Eisdecke ist wirklich konstant, unbedingt variabel ist dagegen der Schwellenwert der Strahlung (in kanonischen Einheiten) [37], die zu ihrem Entstehen notwendig ist und von den Überresten bzw. vom Fehlen der inländischen Eisdeckenanfängen abhängt. Wir wenden der KÖPPENschen *Schwellenwert* als einen geographischen Begriff an und kennzeichnen mit ihm die kritische Ausbreitung der Inlandeisdecke. Andererseits reihen wir alle Schwankungen, deren sommerliche Amplitude ungefähr — 400 kanonische Einheiten übertrifft, in die sog. KÖPPENsche *Revolutionszone* ein. Die Bewertung dieser einzelnen Schwankungen ist von BACSÁK ausgeführt worden [34, 37]. Zwar haben die «sterilen» Glazialen eine allgemeine Senkung der Schneegrenze verursacht, besonders in Hochgebirgen z. B. in den Alpen, dennoch können die sich gebildeten Eisdecken nur als lokal angesehen werden, die nicht geeignet waren, eine KÖPPENsche Klimarevolution hervorzurufen [39].

eisungstypus ist vom Wert des $\Delta(e \sin \pi)$, *der skandinavische dagegen von demjenigen des* $\Delta\varepsilon$ *abhängig.* Wenn sich eine der beiden vereisungserzeugenden Faktoren stärker entwickelt, so kommt zwischen ihnen auch ein räumlicher Antagonismus zum Ausdruck.

Die zwei glazialen Schwankungen des Günz sind noch mit den Kennzeichen der infrapleistozänen glazialen Interferenzen behaftet, ebenso wie — infolge ungünstiger Interferenzen — die Phasen Präriss, MR_4 und Präwürm. Bei allen diesen herrscht die Wirkung von $\Delta(e \sin \pi)$— vor. Die beiden Günzphasen sind dementsprechend überwiegend *alpine* Vereisungen, die durch sie bedingte skandinavische Eisdecke hat kaum den KÖPPENschen Schwellenwert überschritten.

MR_2, Präriss, MR_4 und Präwürm waren überhaupt nicht mehr imstande, skandinavische Eisdecken ins Leben zu rufen. Es kann aber im Laufe dieser Phasen mit kleineren alpinen Vereisungen vom Typ der Ottobeurener, Staufenberger und Donauer Phasen gerechnet werden. Die in der «grossen» Interglaziale auf Grund geologischer Beobachtungen festgestellte kleine alpine Vereisungsphase von MÜHLBERG [40] bzw. die zwei Phasen von BECK [41] (Kander und Glütsch) lassen sich mit den obengenannten gut vergleichen. Die Strahlungsminima der «grossen» Interglaziale sind — mit Ausnahme des MR_1 ($= M_3$), das den Vormarsch einer Inlandeisdecke verursachte und die Dauer der Mindelvereisung verlängerte — hauptsächlich vom Faktor $\Delta(e \sin \pi)$ bedingt worden. Sie haben — wie MILANKOVIČ [29], WUNDT [12] und BACSÁK [37] erwähnen — ein allgemeines Sinken der Schneegrenze verursacht, konnten aber ihrer Eigenart und Wirksamkeit gemäss keine skandinavische Eisdecke mitführen, wie das SOERGEL [8] beschreibt.

Wenn die Wirkung des Faktors $\Delta\varepsilon$ stärker wird, wie im M_3 und besonders im W_3, dann erfolgt beim Vorhandensein einer Inlandeisdecke der Eisvormarsch, ohne dass sich im Alpengebiet ein stärkerer Eisgang zeigt.

Die eisbildende Wirkung der «aktiv»-subtropischen Schwankungen innerhalb der Vereisungen — infolge des Zusammenwirkens überkritischer Eisdecken mit dem Faktor $\Delta(e \sin \pi)$ — wird noch weiter unten besprochen werden.

Die SOERGELschen [18] Terrassen schliessen sich an die Entwicklungsstadien der *skandinavischen Eisdecken.* SOERGEL teilt das Pleistozän auf Grund von vier unteren (IV—I) und sieben oberen (1—7) Pleistozänterrassen in 11 kalt-trockene und 10 warm-feuchte Klimaphasen. Er teilt eine auf Terrassenuntersuchungen und theoretische Ableitung begründete Vereisungskurve [8] mit. Diese keineswegs allgemeingültige, den Vormarsch und Rückzug der Eisdecke wiedergebende empirisch-theoretische Kurve wird von BACSÁK [37] eingehend überprüft. Er bezweifelt die aus MILANKOVIČ abgeleitete «Mesogünz»-Vereisung, da diese nicht als glaziale, sondern als subtropische Schwankung gedeutet werden kann. Er betont die zerstörende Wirkung der im Jahre —465 000 kulminierenden antiglazialen Schwankung auf die Eisdecke des M_1,

die SOERGEL infolge eines Fehlers in der Berechnung von MILANKOVIČ nicht richtig bewerten konnte. MILANKOVIČ hätte im Vergleich zum Jahr 1800 den Wert $\Delta Q_s = 620$ kanonische Einheiten anstatt $\Delta Q_s = 234$ kanonische Einheiten angeben sollen. Bei BACSÁK beträgt ΔQ_s auf den Pleistozändurchschnitt bezogen 481 kanonische Einheiten. Neuestens wies BACSÁK [34], an Hand der Neuuntersuchung des Mindels auf die überkritische Verbreitung des Inlandeises zwischen den glazialen Schwankungen M_1—M_2 und auf die teilweise eiserzeugende, den Eisvormarsch verursachende Wirkung der im Jahre —454 800 kulminierenden «aktiven» subtropischen Schwankung hin. Er hat die SOERGELsche Dreiteilung des Mindels durch seine Untersuchungen unterstützt: der eisfreie Zustand der «grossen» Interglaziale wird jedoch von ihm seit dem Jahre —369 800 gezählt. Die Eisdecke des Mindels wird nämlich von der starken Antiglaziale mit dem Höhepunkt bei dem —374 000. Jahr und mit der Amplitude $\Delta Q_s = 405$ kanonische Einheiten unbedingt zerstört, dermassen, dass die — mangels Eisdeckenanfängen und wegen des Übergewichts des $\Delta(e \sin \pi)$ — «steril» gewordenen glazialen Schwankungen des MR nicht mehr vermochten, eine inländische Vereisung hervorzurufen. Dasselbe gilt auch für die sehr schwache SOERGELsche Präwürm-Schwankung von der Amplitude $\Delta Q_s = -234$ kanonische Einheiten.

Kehren wir nun zu den SOERGELschen Untersuchungen im Thüringer Wald zurück. Er har hier 11 Terrassen, davon 4 (IV—I) beweisbar aus dem unteren, 7 (1—7) beweisbar aus dem oberen Pleistozän, nachgewiesen. Er hat sie als Zeugen grundlegender Veränderungen für das *ganze* Pleistozän angesehen.

Seine Hypothese wurde durch die vier wesentlicheren Minima des Unterpleistozäns (G_1, G_2, M_1, M_2) scheinbar unterstützt, um so weniger aber durch die fünf beachtenswerten Minima des oberen Pleistozäns, weil dadurch zwei seiner oberen Pleistozänterrassen «überflüssig» wurden. SOERGEL wollte diesen Mangel durch Einreihen von Präriss- und Präwürm-Vereisungen (Terrassen 1 bzw. 4) beseitigen. BACSÁK [37] der diese zwei Vereisungsphasen von SOERGEL nicht recht annehmen konnte, geriet in der Frage der Zugehörigkeit dieser zwei Terrassen in Schwierigkeiten. Er reiht sie, wie auch MILANKOVIČ nach der SOERGELschen Art, ins Präriss bzw. Präwürm ein, er widerlegt jedoch SOERGEL, indem er diese Phasen als «sterile» Glazialen kennzeichnet und die Terrassen 1 und 4 als eine Auswirkung kleinerer Strahlungsminima der alpinen Vereisungen betrachtet.

Nimmt man an, dass aus einer der «sterilen» glazialen Schwankungen (Präriss) der «grossen» Interglaziale eine der SOERGELschen Terrassen entstehen konnte, so müsste man wegen der ausserordentlichen dimensionellen Ähnlichkeit dieser Terrassen noch drei weitere im MR annehmen, davon ganz zu schweigen, dass die in Grössenordnung und Wirksamkeit von jeder der «sterilen» MR-Glazialen übertroffene «sterile» Glaziale im RW ebenfalls terassenbildend

war. GRAHMANN [42] empfindet ebenfalls diese Schwierigkeit und versucht, sie zu überwinden, indem er die Terrasse Nr. 1 der glazialen Schwankung R_1 zuordnet und dabei die Terrasse Nr. 3 ins Präwürm verschiebt. Diese Zuordnungsversuche erscheinen jedoch alle erzwungen und unnatürlich.

Der Zwang und die Widersprüche werden jedoch gelöst, wenn wir den Verlauf der Mindel-, Riss- und Würmvereisungen überprüfen und die Rolle der drei «subtropischen» Schwankungen dieser Zeiten ins Auge fassen.

BACSÁK erwähnt drei, innerhalb von Vereisungen eingetretene «aktive» subtropische Schwankungen in den Phasen M_1, R_1 und W_1. (Höhepunkte: —454 800, —209 600 bzw. —94 000 Jahre; Amplituden: $\Delta Q_s = -216$, —344 bzw. —187 kanonische Einheiten). Zwei von ihnen folgen auf antiglaziale (M_1, R_1), W_1 dagegen auf eine subarktische Schwankungszeit. In beiden Fällen treten sie auf beim Rückzug des Inlandeises zur kritischen Grenze und bringen ein zeitweie ozeanisches Klima in die kontinentale Zone der KÖPPENschen Klimarevolution [37]. Der subtropische Schwankungstypus von BACSÁK ist dem glazialen verwandt (durchschnittlicher milder Sommer und Winter) und kann als solcher durch die allgemeinen atmosphärischen Zirkulationstypen von FLOHN [23] folgendermassen gekennzeichnet werden: es herrscht im Winter meridionale, im Sommer dagegen zonal-meridionale Zirkulation und das bedingt die Auffüllung der existierenden Eisdecke, Eisbildung und Eisdeckenvormarsch («Semikryophile»).

Der Vormarsch des Inlandeises kann nur dann von einer «aktiven» subtropischen Schwankung verursacht werden, wenn die Eisdecke den kritischen KÖPPENschen Schwellenwert überschreitet. Die Erklärung dieser Erscheinung folgt unmittelbar aus der Analyse des Faktors $\Delta(e \sin \pi)$.

Alle drei «aktiven» subtropischen Schwankungen gehören, zusammen mit dem Mesogünz, der in eine eisfreie Phase fällt, in die Kulminationszone von e *(Tab. 1)*. Die positive Interferenz von $\Delta\varepsilon$ mit den grössten positiven Schwankungen des $\Delta(e \sin \pi)$ verringert die Quantität winterlicher Einstrahlung und gleicht die von $\Delta(e \sin \pi)$ verursachte Insolationsabnahme in der sommerlichen Jahreshälfte aus. Ihre gegenteilige Wirkung kommt aber in den mittleren Breitengraden gegen die höchsten $\Delta(e \sin \pi)$-Werte des ganzen Pleistozäns nicht zur Geltung. Dank der stark abweichenden Werte und der Eigenschaften des geographischen Faktors von $\Delta(e \sin \pi)$ erfolgt auf dem Südrand der skandinavischen Eisdecke und auf der geographischen Breite der Alpen ein Vormarsch, eine teilweise Auffüllung und Erneuerung der Eisdecken.

Vorerst müssen wir auf die Veränderungen in der kontinentalen Zone der KÖPPENschen Klimarevolution hinweisen, die infolge des verschiedenen Ablaufs der von $\Delta(e \sin \pi)$ abhängigen semikryophilen und der von $\Delta\varepsilon$ zum Nachteil des $\Delta(e \sin \pi)$ abhängigen kryophilen Phasen eintreten. Indem die semikryophile Phase den ozeanischen Charakter zulässt, wird der während M_2 und W_2 entwickelte kontinentale Zustand kaum von den $\Delta\varepsilon$-abhängigen kryophilen

Phasen des M_3 und W_3 beeinflusst. Der Löss des $W_2 + W_3$ ist kaum oder gar nicht unterteilbar [37, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 usw.], andererseits lässt sich aber der Löss des M_1, R_1 [52]. W_1 auf Grund von manchmal mehrfacher Schwankung zweiteilen [37, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 53 usw.].

Wir haben den Verlauf der «aktiven» subtropischen Schwankungen innerhalb der Vereisungen — und besonders den der subtropischen Schwankung W_1 — auf Grund von Lössprofilen [44, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54 usw.] und modernen Untersuchungen an Höhlensedimenten [insbesondere 55] regional verfolgt und rekonstruiert. Die Lösswand bei Paks in Ungarn liefert ein Bild über den Verlauf der früheren «aktiven» subtropischen Phasen M_1 und R_1, der dem Verlauf von W_1 völlig analog ist [52].

Die drei Fälle von «aktiven» subtropischen Schwankungen innerhalb von Vereisungen lassen sich als glaziale Schwankungen deuten, die den Vormarsch der Inlandeisdecke, die Erneuerung der KÖPPENschen Klimarevolution und eine neue Lössbildung mit sich führen *(Tab. 1)*.

Es soll nun versucht werden, die 4 SOERGELschen Terrassen aus dem unteren bzw. die 7 aus dem oberen Pleistozän zu deuten!

Sowohl SOERGEL [8] wie auch BACSÁK [37, 34] beruft sich auf die Dreiteilung des Mindels. SOERGEL nimmt aber bei der Deutung der Terrassen des unteren Pleistozäns — auf Grund der festgestellten Terrassenzahl — die Zweiteilung des Mindels an. Die Lage ändert sich jedoch vollkommen, wenn man nicht eine vollständige Gliederung erstrebt und die Terrassenspuren und Moränen der sowieso schwachen Günzvereisung in Thüringen nicht sucht, sondern statt dessen die bewiesene Dreiteilung des Mindels und den Eisvormarsch im M_1 infolge der «aktiven» subtropischen Phase ins Auge fasst. Es werden alle Terrassen IV—I von SOERGEL als Mindelterrassen qualifiziert; IV—III lassen sich mit den zwei Phasen des M_1; II bzw. I dagegen mit den Auffüllungsphasen des M_2 bzw. M_3 identifizieren. Die Terrassen 1—7 im oberen Pleistozän sind danach Riss- und Würmterrassen und lassen sich ohne Schwierigkeit und Zwang den Vormarsch- bzw. Auffüllungsphasen der R- und W-Vereisungen zuordnen. Die Gliederung gestaltet sich wie folgt: 1—2 entspricht den beiden Phasen des R_1, 3 dem R_2, 4—5 den beiden Phasen W_1, 6 dem W_2, schliesslich 7 der Vormarschphase von W_3 *(Tab. 1)*.

Wie aus den vorangehenden Erwägungen hervorgeht, erweist sich die separate Analyse der Faktoren $\Delta\varepsilon$ bzw. $\Delta(e \sin \pi)$ als eine fruchtbare Grundlage. Sie führt schon bei BACSÁK [37] zur strengen Unterscheidung der alpinen und skandinavischen Vereisungstypen und, als nächster Schritt, zur Deutung der «aktiven» subtropischen Schwankungen innerhalb der Vereisungszeiten. Es werden dadurch die Eigenschaften und die Bedeutung der EBERLschen Übergangsphasen aus dem «normalen» Gebiet der Günzvereisungen und schliesslich der reminszenten «Steril»-Phasen innerhalb der «grossen» Interglaziale im Rahmen der glazialen Interferenzen erklärt.

Die Analyse der interferierenden Faktoren verhilft über die Interferenzmöglichkeiten der Faktoren $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ hinaus zur weiteren Aufteilung auf Spezialfälle innerhalb einzelner Haupttypen. Die gemeinsam mit BARISS geführten Untersuchungen des Verfassers bezwecken die Klärung der Zusammenhänge zwischen den geographischen Faktoren und den Interferenzen der Bahnelemente im Pleistozän.

III. Vereiste und eisfreie Perioden

Die von BACSÁK [56] unterschiedenen vier solaren Klimatypen stellen lediglich qualitative Begriffe dar. Bei der Beurteilung ihrer Wirksamkeit müssen wir die Grösse und das Verhältnis von ΔQ_s und ΔQ_w, die Dauer der Schwankungstypen und schliesslich die wechselwirkenden Faktoren selbst prüfen, wie es auch BACSÁK [36, 37] getan hat. Wir haben damit alle notwendigen Schritte, die sich aus der einheitlichen Anschauung der korrigierten Strahlungskurve und der Bahnelemente ergeben, getan.

Der nächste Schritt ist die Unterscheidung vereister und eisfreier Perioden mit der Beurteilung des sich von Fall zu Fall ergebenden Wirkungsgrades von glazialen und antiglazialen Schwankungen [37]. Die Existenz und Dauer der skandinavischen Eisdecken von überkritischer Grösse wurde in der Bewertung von BACSÁK ohne Berücksichtigung der alpinen Vereisungen festgestellt. Damit hat BACSÁK [32, 34, 37] den ausschlaggebenden Schritt zur Gliederung des Pleistozäns getan. Die Zeitspanne der KÖPPENschen Klimarevolution ergibt sich unmittelbar aus der Dauer der BACSÁKschen vereisten und eisfreien Perioden: diese Erkenntnis ist zweifelsohne die Grundlage zur Gliederung des mitteleuropäischen Pleistozäns, unabhängig davon, ob unsere Kenntnisse über ihren Verlauf seitdem durch die Ergebnisse von BACSÁK und FLOHN [23] modifiziert wurden.

IV. Zusammenhänge zwischen Glazialen, Interglazialen, vereisten und eisfreien Perioden

In der PENCKschen Auffassung stimmen die Begriffe Glaziale und Interglaziale mit den Begriffen der vereisten und eisfreien Periode überein und dienen als Kennzeichen vereister und eisfreier *Zustände*, ohne die Begriffe auf Grund des Erkennens und der Unterscheidung alpiner und skandinavischer Vereisungen streng zu begrenzen und ohne ihre kritische Verbreitung zu untersuchen.

EBERL hat den PENCKschen Glazialenbegriff mit der Unterscheidung der Begriffe Stadiale und Interstadiale weiter gegliedert [5, 6]. MILANKOVIČ [29] ist bestrebt, bei der Feststellung der räumlichen Verbreitung des Inlandeises während der stadialen, interstadialen und interglazialen Zustände den PENCK—EBERLschen Begriff beizubehalten. Bei der Erörterung der Vereisungsmecha-

nismen gerät er jedoch in Widerspruch, weil er unter «Glaziale» eigentlich die Dauer der von BACSÁK [36, 37] unterschiedenen und begrenzten glazialen Schwankung, die Dauer der Eisbildung, d. h. den *Prozess* der Vereisung versteht. Dies ist jedoch keinesfalls identisch mit dem PENCKschen Begriff Glaziale = vereiste Periode, die den vereisten *Zustand* ausdrücken will. Obwohl sich MILANKOVIČ bei der Deutung der Vereisungsmechanismen auch mit der Rolle der entgegengesetzten, eiszerstörenden Schwankung, d. h. mit dem Prozess des Eisverfalls eingehend befasste, hielt er die Begrenzung der entwickelten vereisten und der darauffolgenden eisfreien Phase und die Unterscheidung ihrer Begriffe für unnötig [29].

Nachdem BACSÁK [36] die 85-fache Abwechslung seiner vier Klimatypen während der 600 000 Jahren des Pleistozäns aufgezeigt hat und somit die Heterogenität der PENCK—EBERLschen Begriffe bewies, entstand die Notwendigkeit für die Entgegenstellung der Begriffspaare Glaziale — Interglaziale bzw. vereiste — eisfreie Periode [37]. Ihre Identifizierung und Anwendung im PENCKschen Sinne scheint erwünscht, doch entsteht die Frage, ob sie zum Erfolg führen, da sie — eben infolge ihres vielfach heterogenen Charakters — als grundlegend kalte oder warme Klimatypen nicht mehr haltbar sind [57]. BACSÁK gibt Anfang und Ende der vereisten und eisfreien Zeitspannen an und stellt ihre Kriterien fest [37]. Ist es demnach nicht überflüssig, um auf Grund einer prinzipiellen Verwandschaft mit den PENCKschen Begriffen auf den Gleichungen Glaziale = vereiste Periode, Interglaziale = eisfreie Periode zu bestehen? Die Unzweckmässigkeit dessen kommt noch schärfer zum Ausdruck, wenn wir nach BACSÁK [36, 37] den Stufenunterschied zwischen Interglaziale und Interstadiale verneinen und die Verschiedenheit ihrer allgemeinen Eigenschaften sowie ihre Ungleichheit untereinander hervorheben.

Der Chaos in den klimatischen Begriffen innerhalb des Pleistozäns wird nicht durch die Rückkehr zu den PENCKschen Grundlagen, sondern durch eine erneuerte Synthese theoretischer und geologischer Entwicklung beseitigt. Als Beweis führen wir zwei Beispiele an aus dem Gebiet des vereisten Zustandes bzw. über die allgemeine atmosphärische Zirkulation des Pleistozäns.

Der Entwurf von paläogeographischen Landkarten auf Grund der Synthese von geologischen Tatsachen, die alle aus dem Höhepunkte der einen oder anderen datieren, scheint ein zum Ziel führender Weg zu sein [58], besonders im Falle der Würmvereisung. Der Vorteil dieser Methode ist jedoch gleichzeitig ihr Nachteil: die Koordination der Ereignisse auf einen einzigen Zeitpunkt ist zumindest ebenso schwer zu begründen wie die Annahme der gleichzeitigen Vereisung beider Heimsphären [16]. Ausserdem wird die so entworfene paläoklimatologische Karte oberflächlich und infolge der Zusammenfassung vieler, zeitlich inkongruenten Erscheinungen irreal.

Eine andere, scheinbar zweckmässige Methode ist die Forschung nach Zusammenhängen zwischen der räumlichen Verbreitung der Inlandeisdecke

und den Formen der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation auf Grund der Analyse von gegenwärtigen Anomalien [23]. Die Glaziale wird von FLOHN durchwegs als eine eisbildende Phase mit meridionaler Zirkulation bezeichnet. Er identifiziert die eisverwüstende Phase, sich auf Beobachtung der historischen Zeiten stützend, mit den Perioden zonaler Zirkulation, diese wiederum mit den Interglazialen. Seine Feststellungen lassen sich jedoch nur auf die Zirkulationsverhältnisse der aufbauenden und zerstörenden Prozesse, auf die Dauer der glazialen bzw. antiglazialen Schwankungen beziehen und können keinesfalls als ein Beweis der PENCKschen glazialen und antiglazialen Gliederung aufgefasst werden. Es ist nicht einmal nötig, die Heterogenität der PENCKschen Begriffe zu kennen, um die Parallele von FLOHN zu bezweifeln. Die zwei Begriffe von PENCK kennzeichnen den *Zustand*, die äusserlich analogen Begriffe von FLOHN dagegen den *Prozess*. Die Ergebnisse von KLUTE [58] und anderen beziehen sich auf den Vereisungs*zustand*, die Ergebnisse von FLOHN [23] aber auf den Vereisungs*prozess*. Sollten sich die folgendermassen definierten Zirkulationsverhältnisse von FLOHN doch mit den Forschungsergebnissen über den vereisten *Zustand* decken, so müsste man das als einen neuen Beweis gegen die angewandte synthetisch-paläogeographische Methode betrachten.

* * *

Um die Verwirrung in den Begriffen zu klären, gehen wir von den 4 solaren Klimatypen BACSÁKs und von der einheitlichen Betrachtung der vereisten und eisfreien Perioden aus.

Anfang und Ende der vereisten Perioden kennzeichnen wir mit der maximalen Verbreitung der skandinavischen Inlandeisdecke über den KÖPPENschen Schwellenwert hinaus bzw. mit ihrem Rückzug, folglich mit Anfang und Ende der KÖPPENschen Klimarevolution. Die Dauer der eisfreien Perioden ergibt sich demnach von selbst [37].

Die *revolutionären Klimaphasen* (Kryonalen) des Pleistozäns beginnen jedoch früher, und zwar zur Zeit der jeweiligen glazialen Schwankungen, die die einzelnen vereisten Perioden erzeugen. Eine reihe kühler Sommer und milder Winter treten auf [39], und beide Jahreshälften sind durch eisbildende meridionale Zirkulation gekennzeichnet [23]. Die revolutionären Klimaphasen enden mit dem Rückzug der skandinavischen Eisdecke hinter der kritischen Grenze. Diese Zeitpunkte sind zugleich die Grenzen der Zwischen- (interkryonalen) Phasen.

Die Kryonalen lassen sich ihrerseits in mehrere Stadien gliedern. Ihr Anfangsstadium wird durch den Vereisungs*prozess* (Kryophile), ihr zweites Stadium dagegen durch den vereisten Zustand (Kryon) gekennzeichnet. Rief die antiglaziale Schwankung während des Kryons nur einen teilweisen Rückzug der Eisdecke hervor, so heisst sie semikryophob ; wenn andererseits Perioden, für

die sonst keine Eisbildung charakteristisch ist, infolge der überkritischen skandinavischen Eisdecke in einem sowieso schon vereisten Zustand den Vorschritt und teilweise Erneuerung der Eisdecke mitführen (wie z. B. die drei Fälle von «aktiv» subtropischer Schwankung), so heissen sie semikryophil. Wenn die Amplitude der antiglazialen Schwankung genügt, um den Verfall der skandinavischen Eisdecke oder ihren Rückzug jenseits der kritischen Grenze hervorzurufen, so sprechen wir von einer Kryophobphase bzw. von dem Prozess des Eisverfalls.

Die Anwendung und die Deutung von Fall zu Fall der Begriffe Glaziale — Interglaziale, sowie Stadiale — Interstadiale erweist sich nach der Einführung des Begriffspaares Kryonale — Interkryonale als unnötig. G_1, G_2, M, R, W_1, $W_2 + W_3$ sind kryonale, G_1—G_2, G_2—M, M—R, R—W, W_1—W_2 dagegen interkryonale Perioden. Mindel und Riss werden überhaupt nicht, Würm dagegen in zwei kryonale Phasen aufgeteilt.

Die Interstadialen sind mit Ausnahme von G_1—G_2 und W_1—W_2 nicht durch den überkritischen Rückzug der Eisdecke [34, 37], sondern von einer Kryophile (glaziale Schwankung) oder Semikryophile («aktive» subtropische Schwankung) verursacht worden, mit Eisausfüllung, -erneuerung und -vormarsch beim Vorhandensein einer überkritischen Eisdecke, die zugleich einen *ozeanischen* Zustand im kontinentalen Teil der KÖPPENschen Revolutionszone hervorgebracht hat. Die meisten Interstadialen sind daher nichts anderes, als ozeanisch geartete Auffüllungsphasen der jeweilig nächsten glazialen Schwankung. Sie können jedoch deshalb keineswegs als Zwischenperioden gedeutet werden, da sie ja die Kryonale nicht unterbrochen haben. So gibt es z. B. keine Interstadiale W_2—W_3, sondern nur eine Auffüllungsphase des W_3 — also eine Kryophile W_3. Die semikryophilen Auffüllungsphasen während M_1, R_1, und W_1 sind dem genannten ähnlich : ihr Nichterkennen hat sowohl bei der Zugehörigkeitsfrage der SOERGELschen Terrassen wie bei der Gliederung des M, R und W zu Verwirrung geführt. Das Erkennen der Semikryophile W_1 gibt zugleich für die Dualität der Interstadiale W_1—W_2 eine Erklärung ; es macht die neubeginnende Lössbildung sowie die Verlängerung der W_1-Vereisung verständlich. Dasselbe gilt auch für die Interstadialen M_1—M_2 und R_1—R_2.

Wir haben die Rolle der Krypohilphasen von M_3 bzw. W_3 als sog. Interstadialen M_2—M_3 bzw. W_2—W_3 bereits bei der Untersuchung der Interferenzen der Bahnelemente analysiert. Die Tatsache, dass die Forschungen über die alpine Vereisung [59] nur Eisdeckenschwankungen als Ergebnis des W_3 nachgewiesen haben, schliesst die Existenz einer Auffüllungsphase W_3 einerseits von geringer Amplitude, andererseits von skandinavischem Charakter noch nicht aus.

Es kommen im Endergebnis 13 Eisvormarschphasen auf der Peripherie der Eisdecke vor : im Inneren der Eisdecke vermindert sich ihre Zahl jedoch auf 6 (G_1, G_2, M, R, W_1, $W_2 + W_3$).

Die Gliederung der Interkryonalen lässt sich aus der Abwechslung der BACSÁKschen Schwankungstypen (= solaren Klimatypen) [36] unmittelbar ableiten. Die «sterilen» glazialen Schwankungen sind kryophil geartet mit Schneegrenzensenkung und evtl. alpiner Vereisung, die antiglazialen Schwankungen dagegen von kryophobem Charakter, mit allgemeinem Rückzug der Schneegrenze. Den eisfreien Zustand bezeichnet man als Akryon.

Die klimatische Gliederung des mitteleuropäischen Pleistozäns

Die Einführung der Begriffe, die den Prozess und Zustand der Vereisungen kennzeichnen, ist nicht nur im Interesse der Eindeutigkeit unbedingt nötig, sondern auch wegen des *verschiedenen geologischen Inhalts* der genannten Begriffe. Beide bedeuten eine Anzahl von kontinentalen Sedimentationstypen, deren Dauer und Verhältnis zueinander noch der Klärung harrt. Wir sind durch die Synthese der BACSÁKschen solaren Klimatypen, der vereisten und eisfreien Zeitspannen sowie der eisbildenden und eiszerstörenden Phasen verbunden mit den geologischen Beobachtungen auf diesen Standpunkt gelangt, das gleiche Endergebnis wird jedoch auch erzielt, wenn man von der FLOHNschen Abhandlung [23] über die allgemeine atmosphärische Zirkulation ausgeht.

I. Die allgemeine atmosphärische Zirkulation des Pleistozäns

BACSÁK hat seine solaren Klimatypen aus den vier Interferenzmöglichkeiten der Bahnelemente abgeleitet. Die Wirkung der einzelnen Interferenzmöglichkeiten kommt im Verhältnis der halbjährlichen Einstrahlungsmenge zum Durschschnittswert des ganzen Pleistozäns zum Ausdruck. Die Unterschiede der Jahreszeiten verringern sich bei den glazialen Schwankungen auf ein Minimum ; dagegen werden sie bei den Antiglazialen am intensivsten betont und bleiben bei den subtropischen und subarktischen Schwankungen durchschnittlich. In ihrem Charakter ist die subtropische der glazialen, die subarktische der antiglazialen Schwankung verwandt. Die Art und Weise der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation steht mit dem Charakter der Insolation in kausalem Zusammenhang. Die sommerliche Einstrahlung ist bei der glazialen Schwankung minimal, die winterliche dagegen maximal. Es werden folglich nicht nur die Unterschiede der Jahreshälften aufs Minimum verringert, sondern auch die durch die Verteilung der Kontinente und Ozeane verursachten Gegensätze, deren Vorherrschen ja gerade bei der antiglazialen Schwankung auf mittleren geographischen Breiten fühlbar wird, durch die Verstärkung und das Fortdauern der stationären Sommerantizyklone über See und der stationären Winterantizyklone über Land. Die Korrelation der Perioden der das ganze Jahr über

dauernden meridionalen bzw. zonalen Zirkulation mit den eisbildenden und eiszerstörenden Phasen ergibt sich daraus von selbst.

Der Zusammenhang der meridionalen und zonalen Zirkulationstypen von FLOHN mit den antiglazialen und glazialen solaren Klymatypen von BACSÁK lenken die Aufmerksamkeit auf die Zusammenhänge der wahrscheinlich übergangsartigen, gemischten Zirkulationsverhä tnisse mit den subarktischen und subtropischen «Übergangstypen» der Klimaschwankungen. Unabhängig von andersartigen Überlegungen, können die Feststellungen von FLOHN und BACSÁK als Grundlagen in bezug auf unser heutiges Klima dienen.

Unser gegenwärtiges Klima ist laut der Analyse von FLOHN gewissermassen glazial geartet, infolge der zeitweisen anomalen winterlichen Erscheinung meridionaler Zirkulationsformen. BACSÁK indiziert eine schwache subtropische Schwankung. Die subtropische Schwankung ist aber der glazialen *verwandt*, und zwar infolge der gleichgerichteten Interferenz des bei mittleren geographischen Breiten wirksameren Faktors $\Delta(e \sin \pi)$.

Die das ganze Jahr über dauernde meridionale Zirkulation der glazialen Schwankungen kann mit der gleichgerichteten Wirkung der Bahnelemente, besonders aber mit der Wirkung des Faktors $\Delta(e \sin \pi)$ erklärt werden. Auch in der das ganze Jahr über dauernden zonalen Zirkulation der antiglazialen Schwankung kommt die gleichgerichtete Wirkung der Faktoren zur Geltung, führt bei dieser Gelegenheit jedoch zu maximaler Verschärfung der Gegensätze zwischen den Kontinenten und Ozeanen. Der Faktor $\Delta(e \sin \pi)$ ist auch hier von bestimmender Wichtigkeit.

Die kennzeichnende Wirkung des Faktors $\Delta(e \sin \pi)$ wird bei subtropischen bzw. subarktischen Schwankungen vom Faktor $\Delta\varepsilon$ gestört, ja evtl. ganz verdeckt. Das letztere tritt bei der gegenwärtigen subtropischen Schwankung ein, da der Faktor $\Delta(e \sin \pi)$ seit Ende des Pleistozäns ständig an Bedeutung verliert. Statt einer Übermacht meridionaler Zirkulationsformen ist im Winter der zonale Charakter vorherrschend und die meridionalen Zirkulationsformen wirken anomal.

Die Entwicklung des sibirischen Antizyklons wird im Falle einer subarktischen Schwankung vom Faktor $\Delta(e \sin \pi)$ gefördert, im Falle einer subtropischen dagegen geschwächt. Die Untersuchungen über die Grösse und Intesitätsverteilung der Faktoren $\Delta\varepsilon$ und $\Delta(e \sin \pi)$ werden zu der eingehenderen Erkenntnis der allgemeinen atmosphärischen Zirkulationsverhältnisse im Pleistozän und zur gründlichen Kenntnis über die Einzelheiten der Zusammenhänge solarer Klimafaktoren mit den Eigenarten der strahlungsaufnehmenden Erdoberfläche führen.

Die vier verschiedenen Variationen sommerlicher und winterlicher Jahreshälften mit der halbjährlichen Verteilung der meridionalen und zonalen Typen zeigen eine zahlenmässige Übereinstimmung mit den vier Schwankungsmöglichkeiten von BACSÁK. Die Notwendigkeit der vier Typen und ihre grosszügige

Übereinstimmung mit den Typen von BACSÁK, wird hier ebensogut wie bei BACSÁK durch die Untersuchung der Bahnelemente bewiesen und durch Feststellungen über unser gegenwärtiges Klima weitestgehend unterstützt.

	Sommer	Winter	Solare Klimatypen von BACSÁK
1	meridional	meridional	glazial
2	zonal	meridional	subtropisch
3	meridional	zonal	subarktisch
4	zonal	zonal	antiglazial

Zusammenhänge der allgemeinen atmosphärischen Zirkulationstypen mit den solaren Klimatypen von BACSÁK.

II. Wirkung der skandinavischen Eisdecke auf die allgemeine atmosphärische Zirkulation

Die sog. Inlandeiswirkung, der Zusammenhang der skandinavischen Eisdecken mit den Windsystemen ist seit PILGRIM [28] und KÖPPEN [39] eins der wichtigsten Fragen in der Pleistozänforschung. Obwohl die Synthese von KÖPPEN—MLANKOVIČ [3] auch auf diesem Gebiet grundlegend ist, besteht ihre Wichtigkeit hauptsächlich im Erkennen der Ursachen und Mechanismen der Vereisungen. Es zeigen sich jedoch in dieser Beziehung noch keine unmittelbaren Zusammenhänge des solaren Klimafaktors mit der Eigenart der absorbierenden Erdoberfläche. Dieser Mangel wird erst durch die kritische Synthese der BACSÁKschen [36, 37] und FLOHNschen [23] Ergebnisse behoben, wodurch aber zugleich die Frage des dritten klimatischen Hauptfaktors, der Windsysteme und Meeresströmungen aufgeworfen wird.

KÖPPEN hält den glazialen Antizyklon als das wichtigste Kennzeichen für die durch überkritische Eisdecken verursachte Klimarevolution. Er leitete die für die kontinentale Zone der Klimarevolution charakteristischen Ostwinde aus diesem Antizyklon her. Neuere Untersuchungsergebnisse [23, 58 usw.] haben aber die Existenz des glazialen Antizyklons auf aerologischer Grundlage angezweifelt und die Kühlwirkung des Inlandeises und den Aktionsradius seiner Fallwinde auf eine sehr schmale periglaziale Zone beschränkt. Die klimatische Revolution entwickelt sich jedoch trotzdem bei einer überkritischen Eisdecke, die kontinentale Zone kommt zustande, doch nicht unter dem unmittelbaren Einfluss der Eisdecke, sondern als Resultat der durch sie hervorgerufenen und aufrecht erhaltenen asymmetrischen zonalen Zirkulation. Die fortdauernde östliche Luftströmung der mittleren geographischen Breiten rührt samt ihrem kontinentalen Charakter von dem beständig gewordenen sibirischen Antizyklon her. Die Berührung kalter und warmer Luftmassen geht in der südlicher gelegenen pluvialen Zone vor sich.

Obwohl die Untersuchungen von FLOHN die Existenz eines glazialen Antizyklons auf aerologischem Wege anzweifelten und die Forscher sich im allgemeinen der KÖPPEN—MILANKOVIČschen Synthese gegenüber zurückhaltend verhalten, bedienen sie sich doch bei der Bestimmung der Herkunft des Lössmaterials bis auf heute der vom glazialen Antizyklon abgeleiteten Ostwinde [59].

KLUTE [58] betont die Abgrenzung des Lössgebietes von der periglazialen Zone, indem er den Aktionsradius der Fallwinde angibt. BULLA [60] hält die Abgrenzung auch für notwendig und benennt die kontinentale Zone der KÖPPENschen Klimarevolution «pseudoperiglaziales Gebiet», sammelt aber das Lössmaterial aus den verschiedensten Regionen [61].*

Das Abtragungsgebiet und die Ablagerungszone des Lösses wird innerhalb kleinerer geographischer Einheiten in Zusammenhang gebracht [59, 62 usw.], während der «wurzellose» Charakter des Lösses von Ost- bis Westeuropa ausser Acht gelassen.

Die Theorie über die nahe Herkunftsstätte des Lösses wurde durch die Ähnlichkeit der statistischen mineralogischen Zusammensetzung des letzteren mit den klastischen Gesteinen des betreffenden Gebietes noch weitergehend unterstützt [59, 63, 64 usw.]. Wir haben 1952 [65, 66] darauf hingewiesen, dass sich das Lössmaterial in zwei Fraktionen teilen lässt, nämlich in eine schwebend geschleppte vom Durchmesser unter 0,1 mm und in eine gerollte vom Durchmesser über 0,1 mm. Die Korngrössenverteilung ist für jedes einzelne Entwicklungsgebiet des Lösses charakteristisch. Die schwebende Fraktion ist allochtoner Herkunft, die gerollte dagegen lokal. Die schwebende Fraktion hat einen gemeinsamen Ursprung, die gerollte ist diffuser und lokaler Herkunft.

Die Ansichten über die Herkunft des Lössmaterials haben sich durch die Ergebnisse der Prüfungen an dem Material der Bohrungsserie im Süden des Gebietes zwischen Donau und Theiss und durch die Neuwertung des SÜMEGHYschen Bohrprofils im Norden Grund aus geändert [67, 68]. Die Schichten des regionalen Lösses und des Flugsandes kommen in beiden Profilen gesondert vor. Horizontale Übergänge sind nicht nachweisbar, und selbst wenn es auch welche gebe, könnte das gleichzeitige Entstehen der Ablagerungen infolge ihres kontinentalen Charakters unmöglich mit Sicherheit festgestellt werden.

Der Löss weist in allen Fällen ein für den vereisten Zustand charakteristisches Fauna- und Florabild, der Flugsand dagegen eine interstadial geartete Floragesellschaft auf [68, 69]. Sowohl ihre Abgrenzung voneinander als auch ihre Zusammenhänge haben zu der Erkenntnis regionaler Gesetzmässigkeiten und zur eingehenden und grundlegenden Kenntnis der geologischen Verhältnisse geführt.

* BULLA geht jederzeit vom Standpunkt von MILANKOVIČ—KÖPPEN—BACSÁK aus. Seine Feststellungen werden jedoch von der Kenntnis über den glazialen Antizyklon beeinflusst.

Löss und Flugsand haben sich als durch entgegengesetzte Klimate bedingte Bildungen und, innerhalb von Mitteleuropa, nicht als heteropische Fazies erwiesen [65]. Wir müssen die eindeutige Abstammung beider Stoffe aus nahegelegenen, lokalen, diffusen Abtragungsgebieten auf Grund materieller, paläontologischer und stratigraphischer Eigenschaften als entschieden falsch beurteilen.

In den allgemein angenommenen Hypothesen über die Herkunft des Lössmaterials spiegelt sich die Vielfältigkeit der Ansichten über die Zirkulationsverhältnisse der vereisten Perioden getreu wider.

Die auf Grund sedimentologischer Untersuchungen schon früher vertretene Ansicht [65] über die zweifältige Herkunft des Lössmaterials wird neuestens durch Erwägungen über die allgemeine atmosphärische Zirkulation und über die durch die skandinavische Eisdecke verursachte asymmetrische zonale Zirkulation von neuem unterstützt. Die östliche Luftströmung herrscht in beiden Halbjahren des Kryonzustandes vor, mit sterilem deflativem Wind infolge der Frostwirkung im Winter und mit ablagerndem lössbildendem Wind im Sommer, infolge der halbjährlich wechselnden Wirkung des stationären sibirischen Antizyklons. Wenn jedoch die eiszerstörende antiglaziale Schwankung die skandinavische Eisdecke zurückdrängt, so wird der symmetrische zonale Zirkulationszustand hergestellt und die regionale Flugsandbildung tritt zusammen mit dem deflativen Westwind des sommerlichen Halbjahres wieder auf.

Beide äolischen Sedimente, sowohl der schwebende Löss als auch der gerollte regionale Flugsand sind Ablagerungen des *sommerlichen* Halbjahres. Ersterer ist ein Produkt der asymmetrischen, passiven sommerlichen Luftströmungen, letzterer das Ergebnis der aktiven sommerlichen Deflation der symmetrischen zonalen Zirkulation. Sie *schliessen sich* als Sedimente verschiedener Zirkulationsverhältnisse *gegenseitig aus ;* doch gleichzeitig lässt sich bei vertikalen Übergängen die Reihenfolge Löss—Lösssand—lösshaltiger Flugsand—reiner Flugsand als Ergebnis der allmählichen Wiederherstellung der Symmetrie in der zonalen Zirkulation gesetzmässig beobachten. Die stufenweise wachsende westliche sommerliche Luftströmungskomponente selektiert zuerst die östlichen passiven staubführenden Luftbewegungen und lässt nur die stärkeren Winde hindurch. Die östliche Wirkung wird später vollkommen eliminiert.

Dieser Prozess ist für die am Ende der vereisten Perioden auftretenden Kryiophobphasen charakteristisch und bedeutet in den Entwicklungsgebieten der beiden Haupttypen äolischer Ablagerungen einen vertikalen Übergang, der seinerseits an der Verschiebung des Kornverteilungsmaximums von der Fraktion des geblasenen Staubes (0,02—0,05 mm ⌀) und Feinsandes (0,05—0,1 mm ⌀) auf die gerollte Sandfraktion (>0,1 mm ⌀) erkenntlich wird. Der kontinentale «vereiste» Teil der Kryophobphase endet mit dem Ausbleiben der geblasenen Fraktion und mit dem gleichzeitigen Auftreten eines monsunalen oder evtl. «verdeckt»-monsunalen Klimas (nach R_2).

Es lassen sich während der semikryophoben Phasen mit teilweiser Eiszerstörung auch Störungen im Gange der Ablagerung beobachten; der beschriebene Prozess kommt aber nicht in Gang, die Verschiebungen des Kornverteilungsmaximums zeigen minderwertige Schwankungen innerhalb der Lössfraktion (0,02—0,1 mm ∅). Die Sandfraktion kann sich auch hauptsächlich infolge lokaler Gegebenheiten vermehren, unter Umständen auch in der Form lokaler Flugsandbildung [67, 52].

Die Auffüllungsphasen des M_3 und W_3 kann man mit einem ähnlichen geologischen Inhalt charakterisieren. Die Auffüllungsphasen des skandinavischen Typus mit geringer Amplitude haben nämlich in Mitteleuropa keine ozeanisch geartete Klimaveränderung mitgeführt (die Existenz der M_3- und W_3-Auffüllung ist im Alpengebiet bestreitbar und bloss in Form von Eisdeckenschwankungen wahrnehmbar [59]). Das kontinentale Klima des M_2 und W_2 dauert während der sog. Interstadialen M_2—M_3 und W_2—W_3 ununterbrochen fort [37, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52]). Die Kryophilphasen M_3 und W_3 weisen also ebensogut eine Lössbildung auf wie die vorangehenden und späteren Kryonphasen mit Lössbildung im engeren Sinne. Die Störung der Lössbildung macht sich in Versandung, lokaler Flugsanbildung, Tundraerscheinungen und überhaupt in schwachen und lokal bedingten Veränderungsprozessen bemerkbar [46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 67, 68, 69 usw.]

III. Veränderungen der herrschenden Windsysteme als Grundlage der Pleistozängliederung

Die Windsysteme prägen, als dritter klimatischer Hauptfaktor im Zusammenhang mit den beiden ersten, jedem Luftzustand und jedem Luftzustandselement ihren Stempel auf.

Wir müssen diese klimatologische Gesetzmässigkeit stärker betonen, teils weil sie als Grundlage unserer Synthese dient, teils jedoch, weil die Bezweiflung dieses Punktes eins der Eckpfeiler der BULLAschen Kritik in bezug auf den Aufsatz des Verfassers über die erdgeschichtlichen Rhytmen des Pleistozäns war. («Das Klima entsteht nicht als Folge der Winde und ist keine Funktion der regionalen Windsysteme.»)

Unser früherer synthetischer Versuch [65] brachte die Gefahr einer allzugrossen Vereinfachung mit sich und ergab noch kein widerspruchfreies System. Die Anwendung der genannten Gesetzmässigkeit ist jedoch nicht neu: dieselbe Verbindung wurde auch schon von BACSÁK benutzt [37], um seine solaren Klimatypen sowie die vereisten und eisfreien Phasen mit klimatologischem Inhalt zu füllen.

Der Charakter des Klimas wird vom herrschenden Windsystem im kausalen Zusammenhang mit den beiden ersten klimatischen Hauptfaktoren bestimmt

und kann infolgedessen ozeanisch, kontinental, monsunal oder «verdeckt-monsunal» sein.

Der ozeanische Klimatyp entspricht der glazialen Schwankung. Sie wird in beiden Halbjahren durch meridionale atmosphärische Zirkulation und stetige westliche Luftströmung gekennzeichnet. Der Winter ist mild, der Sommer kühl.

Beim monsunalen Klimatyp taucht wieder die Frage des europäischen Monsuns auf, diesmal in Verbindung mit der Pleistozänfrage. Wir nehmen in bezug auf unser gegenwärtiges Klima den Standpunkt von Száva—Kováts ein, laut dem sich «die nordamerikanischen und europäischen Monsune nicht prinzipiell, sondern lediglich dimensionell vom grossen asiatischen Monsun unterscheiden» [71, 72]. Die Behauptung gilt noch viel mehr für die antiglazialen Phasen, denn die Gegensätze der Meere und Festländer während der antiglazialen Phasen werden maximal veschärft und die Existenz und Verbreitung sowie das halbjährliche Bestehen der Antizyklone verstärkt betont.

Wir befinden uns heute in einer schwachen subtropischen Schwankung und «verdeckt-monsunaler» klimatischen Lage. Der monsunale Charakter ist zweifellos erkennbar. Die Ansicht von Cholnoky über die Existenz des europäischen Monsuns wird durch die gegenwärtige Stellungnahme unserer Klimatologen unterstützt, obgleich schwächer als auf manchen anderen Gebieten, wie z. B. in der Herkunftsfrage des Lössmaterials.

Der monsunale Charakter ist bei der subarktischen Klimaschwankung stärker als bei der subtropischen. Die Erklärung für diese Erscheinung liegt in der Art der Interferenz des Faktors $\Delta(e \sin \pi)$, die diesmal die Gegensätze der Meere und Festländer zu verschärfen trachtet. Das in *Tab. 1* in Klammern eingeschlossene Wort «monsunal» bezeichnet die beiden «verdeckten» monsunalen Klimatypen.

Die Eigentümlichkeit der vereisten Perioden liegt in der asymmetrischen zonalen Zirkulationsweise mit ihren Ostwinden in beiden Jahreshälften und mit ihrem extrem-kontinentalen Klima. Die revolutionären Züge der vereisten Perioden werden noch stärker dadurch betont, dass sich die solaren Klimatypen während der vereisten Perioden nur als solare Effekte auswirken können, ohne den extrem-ariden Grundzug des Klimas zu verändern. Die glazialen und «aktiven» subtropischen Schwankungen der Vereisungszeiten — die kryophilen bzw. semikryophilen Perioden — bildeten Ausnahmen, indem sie das kontinentale Klima zeitweise unterbrachen und zugleich den ozeanischen Charakter zur Geltung brachten.

Die abgeleiteten Klimaarten sind nunmehr keine solaren Klimatypen mehr, sondern echte Klimas. Es ist nach alledem vollkommen überflüssig, darüber zu diskutieren, ob die subtropischen und subarktischen Klimatypen im Bacsák-schen System als Klimabenennungen am Platz sind, da ihr begrifflicher Inhalt durch das Adjektiv «solar» klar zur Geltung kommt.

IV. Die Zusammenhänge geologischer Prozesse mit den klimatischen Typen

Würde die Luft keinen Dampf enthalten, dann wäre das Entstehen äolischer Ablagerungen durch die schrankenlose Auswirkung der solaren Faktoren nebst der mechanischen Verwitterung begünstigt. Die kontinentalen Phasen der Kryonalen sind durch einigermassen ähnliche Umstände gekennzeichnet und erhalten folglich extrem-aride Eigenschaften. Die beschränkte Rolle des Wassers, das die kontinentalen geologischen Prozesse im allgemeinen kompliziert, vereinfacht in diesen Perioden auch die geologischen Prozesse. Wir können zwar zu Beginn und am Ende der kontinentalen Perioden mit Tundraerscheinungen rechnen, die ganze Dauer und Kulmination der kontinentalen Phasen wird jedoch durch eine eintönige Lössbildung gekennzeichnet.

Dieses extrem-aride kontinentale Klima wird von einem extrem-humiden, ozeanischen Klima durch die Anhäufung von grossen Mengen nivaler Niederschläge vorbereitet. Das ozeanische Klima begünstigt besonders die chemische Verwitterung, die bodenbildenden Umbildungen und die Denudation. Es wird von der Entwicklung von Inlandeisdecken, von allgemeiner Regression der Meere und allgemeiner Schotterterrassenbildung begleitet.

In den eisfreien Phasen wechseln sich Klimatypen von negativem und positivem Wasserhaushalt mit wechselnder Menge und Verteilung der Niederschläge ab. Wir treffen abwechselnd vorherrschende Phasen der Verwitterung, Abtragung und Ablagerung.

In einer zusammenfassenden Tabelle sind die Zusammenhänge der geologischen Prozesse mit den Klimatypen dargestellt, ferner ihre Verbindung mit den herausgegriffenen charakteristischen kontinentalen Ablagerungs- und Abtragungsprozessen, schliesslich mit den zeitlich und räumlich nachweisbaren, durch Klimaschwankungen bedingten Meeresschwankungen. Die zufälligen und dimensionell unkontrollierbaren isostatischen Schwankungen werden dabei völlig ausser acht gelassen. Die Bildkurven der Variablen $\Delta(e \sin \pi)$, e und $\Delta\varepsilon$ für 55° nördlicher Breite, die Verhältnisse der vereisten und eisfreien Phasen sowie die Reihenfolge der solaren Klimatypen stammen von BACSÁK [36, 37, 32, 34, 35].

ZUSAMMENFASSUNG

Die Theorie von MILANKOVIČ ist nunmehr nach der Weiterentwicklung und Unterstützung von BACSÁK geeignet, um als eine exakte Basis der klimatischen Quartärgliederung zu dienen.

Der Verfasser nimmt auf Grund der einzelnen und zusammenfassenden Untersuchung der Bahnelemente in ihren Zusammenhängen mit den geographischen Faktoren, ferner durch die konsequente Unterscheidung alpiner und skandinavischer Vereisungen 13 Vormarschphasen der skandinavischen Eisdecke an. Es wurde gezeigt, dass die SCHWARZBACHschen Ergebnisse mit der Strahlungskurve von MILANKOVIČ im Einklang stehen.

Es wurde ferner versucht, eine einheitliche Nomenklatur im Gebiet der Quartärwissenschaften mit absoluter und relativer Zeitrechnungsbasis zu schaffen. Dadurch konnte ein ein-

heitliches System der klimatischen Gliederung des Pleistozäns gegeben und die Zusammenhänge zwischen Lössbildung, Bodenbildung, Denudation, regionaler Flugsandbildung, Tundraerscheinungen sowie den SOERGELschen Schotterhorizonten geklärt werden. Das Wesentliche dieses Systems ist in der beigelegten Tabelle zusammengefasst.

SCHRIFTTUM

1. MILANKOVIČ, M.: Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire. Paris 1920.
2. MILANKOVIČ, M.: Kalorische Jahreszeiten und deren Anwendung im paläoklimalen Problem. Ber. d. Königl. Serb. Akad., Belgrad 1923.
3. MILANKOVIČ, M. in KÖPPEN—WEGENER: Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin 1924.
4. WUNDT, W.: Änderungen der Erdalbedo während der Eiszeit. Meteor. Zschr. Bd. **50**, 1923.
5. EBERL, B.: Zur Gliederung und Zeitrechnung des alpinen Glazials. Zschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. Bd. **80**, 1928.
6. EBERL, B.: Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande. Augsburg 1930.
7. SOERGEL, W.: Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters. Fortschr. d. Geologie und Paläontologie, Heft 12, 1925.
8. SOERGEL, W.: Die Vereisungskurve. Berlin 1937.
9. WUNDT, W.: Die astronomische Theorie der Eiszeiten und die auftretenden Sekundärwirkungen. Zschr. f. Gletscherkunde, Bd. **22**, 1935.
10. WUNDT, W.: Die astronomische Theorie der Eiszeiten. Aus der Heimat, Bd. **51**, 1938.
11. WUNDT, W.: Die Mitwirkung der Erdbahnelemente bei der Entstehung der Eiszeiten. Geol. Rundschau, Bd. **34**, 1944.
12. WUNDT, W.: Die Eisbilanzkurve und die Gliederung der Eiszeit. Quartär, Bd. **5**, 1951.
13. ZEUNER, F. E.: The Pleistocene Chronology of Central Europe. Geol. Mag., London, **72**, 1935.
14. ZEUNER, F. E.: The Pleistocene Period, Its Climate, Chronology and Faunal Successions. London 1945.
15. PENCK, A.: Die Strahlungstheorie und die geologische Zeitrechnung. Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, Heft 9—10, 1938.
16. KLEBELSBERG, R.: Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie, Wien 1948/49.
17. SOERGEL, W.: Lösse, Eiszeiten und paläolithische Kulturen. Eine Gliederung und Altersbestimmung der Lösse. Jena 1919.
18. SOERGEL, W.: Die diluvialen Terrassen der Ilm und ihre Bedeutung für die Gliederung des Eiszeitalters. Jena 1924.
19. PENCK, A.—BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig, 1901—1909.
20. GAGEL, C.: Die Beweise für eine mehrfache Vereisung Norddeutschlands in diluvialer Zeit. Geol. Rundschau, Bd. **4**, 1913.
21. GAGEL, C.: Die letzte grosse Phase der diluvialen Vergletscherung Norddeutschlands. Geol. Rundschau, Bd. **6**, 1915.
22. KRENKEL, E.: Vom diluvialen Menschen und seiner Jagd. Naturwissensch. Wochenschr., Nr. 18. 1922.
23. FLOHN, H.: Allgemeine atmosphärische Zirkulation und Paläoklimatologie. Geol. Rundschau, Bd. **40**, 1952.
24. KÖPPEN, W.: Die Klimate der geologischen Vorzeit. Ergängzungen und Berichtigungen. Berlin 1940.
25. SCHWARZBACH, M.: Das Klima der Vorzeit. Stuttgart 1950.
26. ADHÉMAR: Les révolutions de la mer, déluges périodiques. Paris 1842.
27. CROLL, J.: Climate and Time in their Geological Relations: A Theory of Secular Changes of the Earth's Climate. London 1875.
28. PILGRIM, L.: Versuch einer rechnerischen Behandlung des Eiszeitalters. Jahresber. d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg, Bd. **60**, 1904.
29. MILANKOVIČ, M.: Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen. Berlin 1930.
30. MILANKOVIČ, M.: Astronomische Mittel zur Erforschung der erdgeschichtlichen Klimate. Berlin 1938.

31. Bacsák, Gy.: A Milankovics-elmélet ellen emelt kifogásokról (Über die Einwände gegen die Milankovič-Theorie). Csillagászati Lapok, 5. évf. 3. sz. Budapest 1942.
32. Bacsák, Gy.: Az utolsó 600 000 év földtörténete. (Die Erdgeschichte der letztverflossenen 600 000 Jahre.) M. Áll. Földt. Int. Vitaülései 1944-ről. Budapest 1944.
33. Bacsák, Gy.: Összefüggések a Föld változó pályaelemeiben. (Zusammenhänge zwischen den säkularveränderlichen Elementen der Erdbahn.) Csillagászati Lapok, 6. évf. 4. sz. Budapest 1943.
34. Bacsák, Gy.: A Milankovič-elmélet védelme. (In Verteidigung der Milankovič-Theorie.) In Manuskript. 1954.
35. Bacsák, Gy.: Pliozän- und Pleistozänzeitalter im Licht der Himmelsmechanik. Acta Geologica, T. III. fasc. 4, 1955.
36. Bacsák, Gy.: Az interglaciális korszakok értelmezése. (Die Deutung der interglazialen Perioden.) Időjárás, Budapest 1940.
37. Bacsák, Gy.: A skandináv eljegesedés hatása a periglaciális övön. (Die Wirkung der skandinavischen Vereisung auf der Periglazialzone.) Budapest 1942.
38. Milankovič, M.: Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. Ed. spec. Acad. R. Serbe, Belgrad 1941.
39. Köppen, W.—Wegener, A.: Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin 1924.
40. Mühlberg in Köppen—Wegener: Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin 1924.
41. Beck, P.: Über das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän. Ecl. geol. Helv., Bd. **26**, 1933.
42. Grahmann, R.: Über die Ausdehnung der Vereisungen Norddeutschlands und ihre Einordnung in die Strahlungskurve. Ber. d. math.-phys. Klasse d. Sächs. Akad. d. Wissensch. zu Leipzig. Bd. **80**, 1928.
43. Bohmers, A.: Reiche Funde eiszeitlicher Bildkunst. Die Ausgrabungen bei Unter-Wisternitz. Germania, 1941.
44. Bohmers, A.: Die Ausgrabungen bei Unter-Wisternitz. Forschungen und Fortschritte Bd. **17**, 1941.
45. Fink, J.: Die fossilen Böden im österreichischen Löss. Quartär, Bd. **6**, 1954.
46. Horváth, A.: A paksi pleisztocén üledékek csigái és értékelésük. (Die Schnecken des Pakser Pleistozän-Lössprofils und ihre Bewertung.) Manuskript. Szeged 1954.
47. Lais, R.: Über den jüngeren Löss in Niederösterreich, Mähren und Böhmen. Ber. d. Naturf. Ges. zu Freiburg, Bd. **41**, Heft 2, 1951.
48. Narr, K. J.: Zur Stratigraphie jungpaläolithischer Typen und Typengruppen. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 2 Öhringen 1952.
49. Narr, K. J.: Riss oder Würm? Germania, Bd. **31**, Heft 3—4, 1953.
50. Zeuner, F. E.: Dating the Past. London 1952.
51. Freising, H. in Narr, K. J.: Riss oder Würm? Germania, Bd. **31**, Heft 3—4.
52. Kriván, P.: A középeurópai pleisztocén éghajlati tagolódása és a paksi alapszelvény. (Die klimatische Gliederung des mitteleuropäischen Pleistozäns und das Grundprofil von Paks). M. Áll. Földtani Int. Évkönyve, **42**, Budapest 1955.
53. Brandtner, F.: Über die relative Chronologie des jüngeren Pleistozäns Niederösterreichs. Arch. Austr. Bd. **5**, 1950.
54. Knorr, A.—Ložek, V.—Pelišek, J.—Žebera, K.: Dolní Věstonice. Monumenta Arch. Praga, Tom. **2**, 1953.
55. Vértes, L.: Les conditions de l'interstadial würmien I—II hongrois, élucidées par l'examen des remplissages de grottes. Acta Geologica, T. III, fasc. 4, 1955.
56. Bacsák Gy.: Kalt und warm. Budapest 1941.
57. Москвитин, А. И.: Стратиграфическая схема четвертичного периода в СССР. Известия Академии Наук СССР, Серия Геологическая, 3, 1954.
58. Klute, F.: Das Klima Europas während des Maximums der Weichsel-Würmeiszeit und die Änderungen bis zur Jetztzeit. Erdkunde, Bd. 5, Heft 4. 1951.
59. Weidenbach, F.: Gedanken zur Lössfrage. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. **2**, Öhringen 1952.
60. Bulla, B.: Der pleistozäne Löss im Karpatenbecken. Földtani Közlöny, **67—68**, 1937/38.
61. Bulla, B.: Általános természeti földrajz (Allgemeine physikalische Geographie). Bd. **2**, Budapest 1954.
62. Kádár, L.: A lösz keletkezése és pusztulása (Entstehen und Verfall des Lösses). M. Tud. Akad. Társ.-Tört. Tud. Oszt. Közl. **4**, Budapest 1954.
63. Vendl, A.—Takáts, T.—Földvári, A.: A budapestkörnyéki löszről (Über den Löss in der Umgebung von Budapest). Mat. és term. tud. Ért. **52**, Budapest 1935.

64. VENDL, A.—TAKÁTS, T.—FÖLDVÁRI, A.: Újabb adatok a Börzsönyi hegység löszének ismeretéhez (Neuere Angaben zur Kenntnis des Lösses aus dem Börzsönygebirge). Mat. és term. tud. Ért. **54**, Budapest 1936.

65. KRIVÁN, P.: Die erdgeschichtlichen Rhythmen des Pleistozänzeitalters. Acta Geologica, Tom. II, fasc. 1—2, Budapest 1953.

66. MIHÁLYI-LÁNYI, I.: Classification des variétés du loess de Hongrie et d'autres formations de poussière éolique. Acta Geologica, T. II, fasc. 1—2, 1953.

67. MIHÁLTZ, I.: A Duna—Tisza köze déli részének földtani felvétele (Geologische Aufnahme im Südteil des Zwischengebietes von Donau und Theiss). M. Áll. Földt. Int. Évi Jel 1950-ről, Budapest.

68. MIHÁLTZ, I.: La division des sédiments quaternaires de l'Alföld. Acta Geologica, Tom. II, fasc. 1—2, Budapest 1953.

69. HORVÁTH, A.—ANTALFI, A.: Malakológiai tanulmány a Duna—Tisza köze déli részének pleisztocén rétegeiről (Studien an pleistozänen Mollusken aus dem Süden des Zwischengebietes von Donau und Theiss). Ann. Biol. Univ. Hung., Tom. **2**, Budapest 1952.

70. SÜMEGHY, J.: Hozzászólás *Kriván P.*: «A pleisztocén földörténeti ritmusai« c. előadásához (Bemerkungen zum Vortrag P. KRIVÁNS über »Die erdgeschichtlichen Rhythmen des Pleistozänzeitalters»). Alföldi Kongresszus. A M. Tud. Akadémia kiadása, Budapest 1953.

71. SZÁVA-KOVÁTS, J.: A légnedvesség anomáliái. (Die Anomalien der Luftfeuchtigkeit). Földrajzi Közlemények, **69**, 1. füz., Budapest 1941.

72. SZÁVA-KOVÁTS, J.: Die Frage des europäischen Monsuns. Meteor. Zeitschr. Heft **4**, 1939.

73. SCHWARZBACH, M.: Eine Neuberechnung von MILANKOWITSCH's Strahlungskurve. Neues Jahrb. f. Geol. u. Paläontologie. Monatshefte, Jahrg. 1954, Heft 6.

КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕ-ЕВРОПЕЙСКОГО ПЛЕЙСТОЦЕНА

П. КРИВАН

Резюме

Теория *Миланковича*, развитая дальше и подтвержденная *Бачаком*, ныне уже пригодна служить прочной основой климатического разделения четвертичного периода.

На основе отдельных и в то же время исчерпывающих исследований орбитальных элементов с учетом их взаимосвязей с географическими факторами, а также и посредством последовательного отличения альпийских и скандинавских оледенений, автор предполагает 13 фаз продвижения скандинавского ледяного покрова. Подвергая критическому анализу порядок ярусов, определенный *Зёргелем*, и установленное им же «полное разделение», автор стремился устранить — в согласии *Шварцбахом* [73] — неблагоприятные физические эффекты кривой излучения *Миланковича*.

Автор поставил себе целью устранить неясности в понятиях и ввести однозначные понятия в терминологии плейстоцена при помощи абсолютной и релятивной основы время исчисления. Он старается создать единую систему климатического разделения плейстоцена и выяснить связи между обра 3 ованием лёсса, почвы, выветриванием, региональным образованием летучего песка, тундровыми явлениями и *Зёргелевыми* ярусами. Сущность его системы подытожена в прилагаемой таблице.

KLIMATISCHE GLIEDERUNG DES MITTELEUROPÄISCHEN PLEISTOZÄNS

P. KRIVÁN, 1954.

Strahlungskurve für 55° nördlicher Breite

Variation der Erdbahnelemente verglichen mit dem Durchschnitt des Pleistozäns ($\Delta\varepsilon_0 = 23.242°$, $\Delta(e^2 \sin \pi)_0 = 0$)

—: Variation von ΔQ_S (sommerliche Jahreshälfte)

—: Variation von ΔQ_W (winterliche Jahreshalfte)

A: Veränderung und Dauer solarer Klimatypen (,g° ,st° ,sa° ,a°)

B: Verhältnis vereister (schraffiert) und eisfreier (leer) Zeitspannen

C: Vereisungskurve (Bildkurve des Wirkungsgrades)

D: herrschender Zirkulation typ — schraffiert: meridional, leer: zonal

E: Richtung des herschenden Windsystems

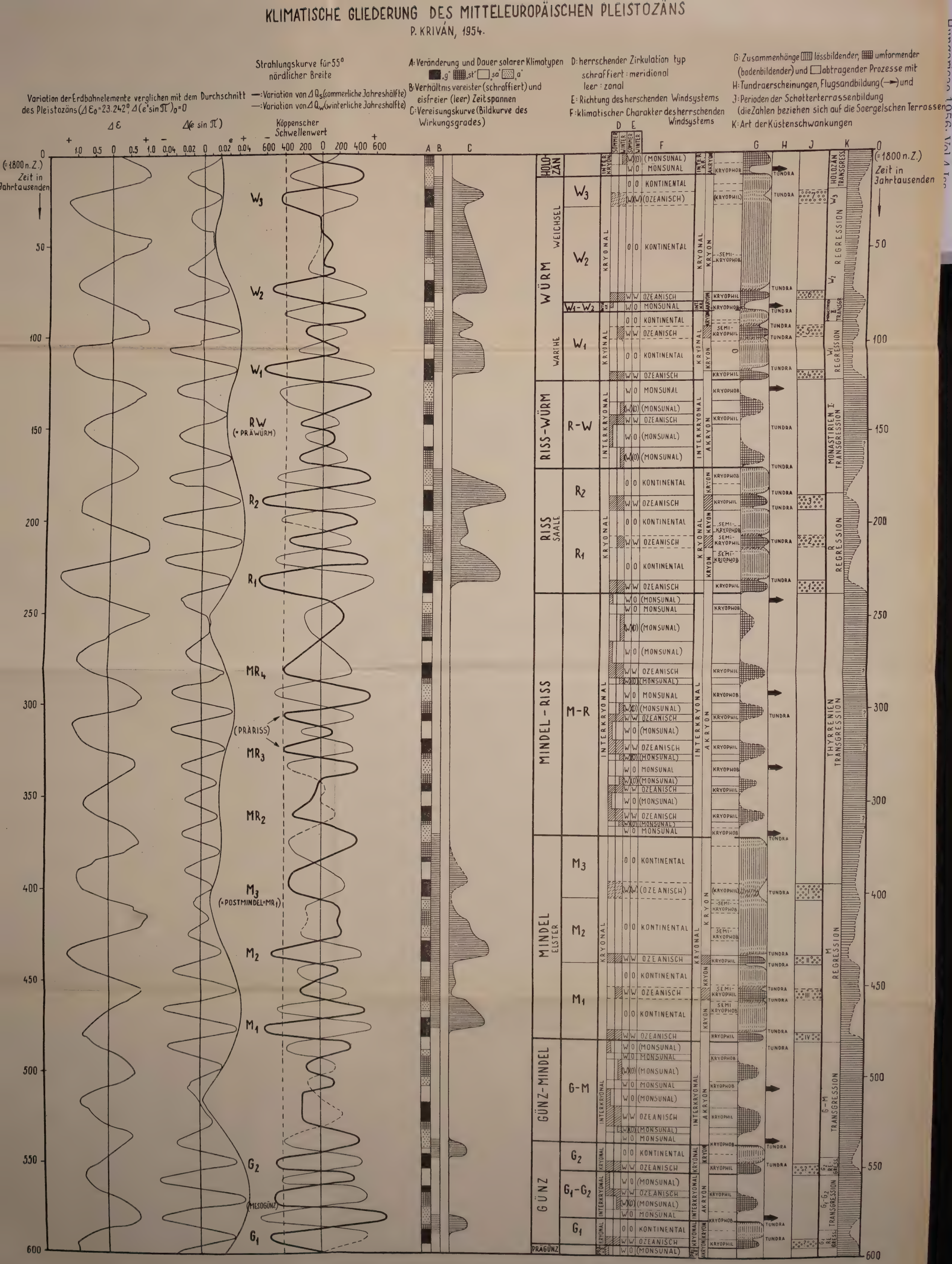
F: klimatischer Charakter des herrschenden Windsystems

G: Zusammenhänge (lössbildender, umformender (bodenbildender) und abtragender Prozesse mit

H: Tundraerscheinungen, Flugsandbildung (→) und

J: Perioden der Schotterterrassenbildung (die Zahlen beziehen sich auf die Soergelschen Terrassen)

K: Art der Küstenschwankungen



Tab. 1.

NOTES POUR SERVIR À L'ÉTUDE DES ARCHIACIA (ÉCHINIDES)

Par
E. Szörényi
INSTITUT GÉOLOGIQUE DE HONGRIE

Le genre *Archiacia* est une forme caractéristique du Cénomanien du type méridional.

Dans les niveaux plus élevés des marnes argileuses aptiennes à caractère transgressif de la partie septentrionale de la montagne Bakony (Hongrie) il fut retrouvé un nombre assez considérable de spécimens appartenant sans aucun doute à ce genre. Leur examen détaillé fournit des renseignements précieux sur la forme d'existence de ce genre, et en outre, sur certains problèmes ontogéniques et phylogéniques.

Les *Archiacia* sont des animaux à symétrie nettement bilatérale. Leurs pétales sont courts, à fleur de test, et se limitent à la partie la plus élévée du test. Les ambulacres pairs sont pétaloïdes, le côté antérieur du test est tronqué.

Le transport des matériaux nécessaires à l'exécution des fonctions vitales de l'animal s'accomplit aux deux pôles extrêmes du côté antérieur. L'eau de la mer afflue à l'appareil apical situé à l'extrémité supérieure et aux pieds ambulacraires exécutant la respiration. A travers l'orifice formé par le sillon frontal entaillant profondément le bord inférieur du côté antérieur, la nourriture se porte vers le péristome. Fortement concave autour du péristome et moins concave derrière, la face inférieure se tronque obliquement autour du périprocte. Ainsi le périprocte ne se pose pas sur le fond, dans lequel l'animal vit, mais il se forme un espace entre le périprocte et le fond. En partant du côté antérieur, le bord du test est obliquement tronqué jusqu'à la plus grande largeur du test — qui se trouve sur la partie postérieure de celui-ci — et notamment de telle façon, que son plan oblique, en se penchant vers l'arrière, se termine à l'endroit le plus large du test. C'est de cet endroit que le bord du test s'élève vers le bord postérieur et atteint son point culminant dans la ligne du périprocte. Conformément au contour du test, le centre de gravité du test se trouverait au point le plus profond du bord et en même temps à l'endroit le plus large du test. Ce point étant situé sur la partie postérieure du test, cette répartition de poids entraînerait l'animal en arrière et l'empêcherait d'avancer. Cet obstacle est souvent compensé par l'acumination si forte de l'apex, qu'il se penche en avant, au delà du bord antérieur de la face inférieure.

Les dispositions structurelles particulières des *Archiacia* témoignent de l'adaptation aux conditions de vie qui règnent dans les sédiments du fond de la mer.

La conquête de cet habitat est d'ailleurs une particularité générale des Echinides irréguliers.

L'adaptation à une existence dans les sédiments du fond de la mer commence dans les différentes familles des Echinides dans la période crétacée et produit de formes extrêmes au Crétacé supérieur.

Le caractère essentiel des formes extrêmes consiste en ce qu'elles doivent assurer l'apport de l'eau de mer fraîche nécessaire à l'animal dans les conditions d'une existence enfoncée dans les sédiments.

Les *Spatangides* modernes se sont parfaitement accomodés à une existence pareille de telle façon, que ce n'est pas leur face supérieure qui devient pointue, mais qu'ils produisent dans les sédiments qui les entourent de petits tubes respiratoires ouverts et incrustent les cloisons de ces derniers d'une sécrétion muciforme, pour les protéger contre l'écroulement. Ce sont ces petits tubes qui assurent pour l'animal la communication directe avec la masse de l'eau de mer libre.

Les représentants de la famille *Archiaciidae (Archiacia, Claviaster)* et quelques Spatangides primitifs *(Infulaster, Hagenovia)* atteignent ce but de telle façon que leur face supérieure devient pointue et s'acumine même en un rostre *(Claviaster, Hagenovia)*. Dans ce cas il s'agit d'une convergence, qui s'est accomplie par suite d'une forme d'existence identique.

Ce sont les dispositions constitutionnelles suivantes du test des *Archiacia*, qui rendent ce groupe apte à la forme d'existence enfoncée dans les sédiments du fond de la mer.

Le bord latéral incliné en arrière entre le bord antérieur et le point le plus large du test aide l'animal à avancer dans le milieu vaseux à la manière des skis. C'est dans le même but que le contour du test est étroit en avant et s'élargit en arrière, de même que les tubercules primaires situés au côté antérieur tronqué, qui n'occupent pas une position centrale sur des scrobicules, témoignent de l'activité ramante des radioles différenciés. Et c'est encore dans le même but, que la face inférieure est oblique de telle manière qu'elle forme un canal entre le bord antérieur entaillé par le sillon frontal et le bord postérieur s'élevant obliquement en arrière.

Le bord latéral s'élevant dans la partie postérieure du test et le périprocte allongé dans la direction de l'axe longitudinal aident l'animal à ce procurer sa nourriture et à l'excréter après l'avoir digérée pendant qu'il s'avance dans le milieu épais des sédiments de fond.

Tout cela prouve que les organismes se sont accomodés à une forme d'existence propre aux sédiments du fond de la mer alors que seule la partie inférieure

de leur test, partie s'étendant jusqu'à l'extrémité distale des ambulacres était enfoncée dans les sédiments du fond de la mer et que l'apex fortement saillant assurait l'apport de l'eau de mer nécessaire à l'organisme.

Quelques caractères des *Archiacia* provenant du groupe de marnes argileuses de Zirc—Tündérmajor diffèrent de ceux des *Archiacia* cénomaniens. Leur forme est moins caractéristique, leur taille beaucoup plus petite que les dimensions moyennes des formes cénomaniennes (leur longueur n'atteint que 6—21 mm). L'extrémité de leurs ambulacres est moins close. Les pores de l'ambulacre impair sont simples. Quoique les paires de pores soient disposées dans une direction verticale, elles ne sont pas placées en rangées doubles, mais en rangées rompues. Leur péristome est transversalement allongé.

Malgré toutes ces différences il n'est pas douteux qu'il appartiennent au genre *Archiacia*. Leur contour inusité, leur bord relativement étroit et fortement anguleux, la manière dont le sillon frontal entaille le bord antérieur, les tubercules primaires du côté antérieur et du bord, la forme des pores ambulacraires, la structure de l'appareil apical, comme les dimensions, la forme et la position du périprocte le prouvent.

Les *Archiacia* provenant de Zirc—Tündérmajor sont les représentants les plus anciens de ce genre. Ils se trouvent encore à une période peu développée de leur évolution, ce qui est indiqué par leur petite taille. Leur péristome est transversalement allongé et ne s'est pas encore assez bien adapté à l'acquisition de la nourriture pendant la locomotion dans les sédiments du fond de la mer. On peut ainsi supposer qu'ils ne se sont enfoncés que périodiquement dans les sédiments du fond de la mer.

Les différences de forme relativement aux *Archiacia* cénomaniens connus de la littérature sont des caractères primitifs, qui doivent être considérés comme l'adaptation initiale d'un groupe au début de son développement à une certaine forme d'existence.

L'importance des trouvailles variées d'*Archiacia* à Zirc—Tündérmajor se manifeste non seulement en ce qu'ils sont les représentants les plus anciens de ce genre, mais aussi en ce qu'ils facilitent l'élucidation des facteurs produisant la forme curieuse des *Archiacia*.

Dans notre matière se trouvent des spécimens de dimensions différentes et puisqu'il est à supposer qu'ils sont les membres d'une seule population, les exemplaires plus petits peuvent être considérés comme des individus plus jeunes. Le contour de ces exemplaires de plus petite taille n'est pas conforme à celui des individus plus gros. Au dessous d'une certaine dimension, la face supérieure est aplatie et ne porte pas d'apex saillant. Avec l'accroissement des dimensions du test l'apex, qui est le plus accentué chez les exemplaires les plus grands, se développe progressivement. Les spécimens de dimensions dissemblables ne diffèrent pas par leurs autres caractères, à l'exception du spécimen le plus petit et absolument juvénil, dont la longueur atteint à peine quatre millimètres, chez

lequel le péristome occupe une position plus centrale, les tubercules primaires sont plus répandus sur la partie antérieure de la face supérieure aplatie, que chez les individus adultes, et qui porte autour du péristome des tubercules primaires pareils à ceux de la partie antérieure de la face supérieure. Le péristome presque central, pourvu à son bord de tubercules primaires, auxquels étaient certainement fixés des radioles exécutant les fonctions de locomotion, et la face supérieure aplatie permettent de conclure, qu'au commencement de leur développement individuel, les individus vivaient sur la surface du fond de la mer et ne se sont enfoncés dans les sédiments du fond de la mer que progressivement. A la fin de leur développement individuel ils ont aussi pris la forme particulière qui les rend aptes à la vie dans ce milieu.

Il découle de tout cela, que l'évolution morphologique particulière des *Archiacia* suit leurs fonctions vitales, c'est-à-dire qu'elle est de provenance fonctionelle et qu'elle est le résultat de l'adaptation aux conditions de vie données.

A côté des *Archiacia* aptiens, dans notre matière se trouve aussi un exemplaire unique, provenant du calcaire à Réquiénies (Kakashegy, près Zirc). C'est déjà une forme beaucoup plus développée, par ses dimensions et son contour elle se rapproche mieux des formes cénomaniennes. Sa taille est beaucoup plus grande (longueur = 41 mm), que celle du spécimen le plus grand provenant de la marne argileuse. La forme de son péristome est déjà régulière, et non un pentagone transversalement allongé ; cela signifie que son péristome est plus développé que celui des *Archiacia* aptiens à péristome transversalement allongé, mais par rapport aux *Archiacia* cénomaniens à péristome longitudinalement allongé il révèle un caractère primitif. L'élongation du péristome dans la direction longitudinale facilite — en cas de vie enfoncée dans les sédiments du fond de la mer — la réception de la nourriture par le péristome non labié. Ce spécimen, si important du point de vue de l'histoire de l'évolution, et qualifié à réunir les formes aptiennes et cénomaniennes dans une série d'évolution, est malheureusement si usé, qu'il ne se prête pas à des observations de détail plus fines.

Les représentants du genre *Archiacia* n'étaient connus jusqu'à présent que de l'étage cénomanien. La trouvaille de Zirc—Tündérmajor a étendu leur expansion verticale aussi à l'étage aptien.

Archiacia hungarica SZÖRÉNYI

Text-fig. N^{os} 1—6

Matière: 54 exemplaires
Localité: Zirc—Tündérmajor
Niveau: groupe de marnes argileuses
Holotype: N° Eb/348 (Zirc—Tündérmajor)

Forme à contour irrégulier, rétrécie vers le bord antérieur, s'élargissant en forme d'aile jusqu'au point le plus élargi du test, qui se trouve sur la partie postérieure de l'axe longitudinal, et acuminé en arrière. En partant du point le plus élargi du test et passant vers le bord postérieur le bord s'élève régulièrement. Bord antérieur tronqué en arrière, apex médiocrement acuminé et ne se penchant pas au delà de la face inférieure. La convexité de la face supérieure est fortement inclinée vers le bord postérieur. En partant de l'appareil apical, sur l'aire interambulacraire impaire de la face supérieure passe en arc non-brisé une crête se terminant au dessus du bord postérieur. Bord relativement étroit, aigu et anguleux. La face supérieure est fortement

Fig 1—3. (Eb/348). *Archiacia hungarica* SZÖRÉNYI (gr. nat.)

Fig. 4. (Eb/349) *Archiacia hungarica* SZÖRÉNYI (gr. nat.)

concave, le sillon frontal, qui ne peut pas être discerné sur le côté antérieur tronqué, commence immédiatement au dessus du bord antérieur et l'entaille profondément. L'appareil apical est situé immédiatement derrière le sommet, autour des quatre grands pores génitaux on peut observer un bord saillant. Les hydrotrèmes sont situés en forme de croix entre les pores génitaux. Le contour des petites plaques de l'appareil apical ne peut pas être discerné (Nos Eb/348 et Eb/359, text-fig. No 5.).

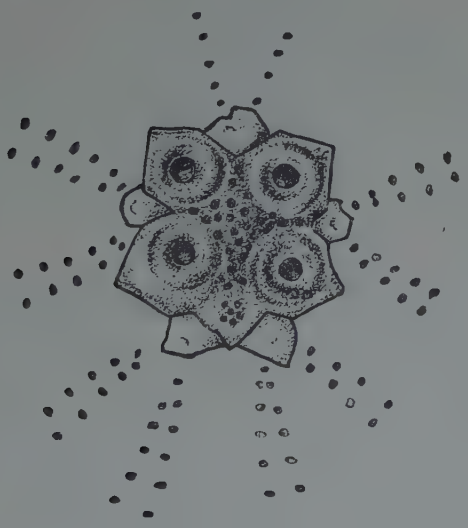


Fig. 5. L'appareil apical du holotype de l'*Archiacia hungarica* SZÖRÉNYI (30 x)

L'extrémité de l'ambulacre impair est tout à fait ouverte, les zones porifères forment des lignes brisées, les paires de pores sont situées verticalement (Nos Eb/348 et Eb/356, text-fig. No 6.). Pores de dimensions microscopiques. Sur la zone interporifère passent deux rangées de tubercules assez nettement disposées.

Les ambulacres pairs sont moins longs que l'ambulacre impair, leur extrémité à peine close, les zones porifères sont d'une longueur égale et composées d'environ 18—20 paires de pores. Pores hétérogènes, les internes arrondis, les externes allongés, les deux pores d'une paire de pores forment un angle. Les aires ambulacraires paires antérieures sont plus larges que les paires postérieures. La larguer de la zone interporifère dépasse chez les aires ambulacraires paires antérieures une fois et demie celle d'une zone porifère, chez les ambulacres pairs postérieurs elle est à peu près identique à celle d'une zone porifère.

Le péristome est fortement excentrique en avant, sa forme ne peut pas être discernée sur l'holotype, sur le moule N° Eb/349 elle est subpentagonale et légèrement transversale. Le

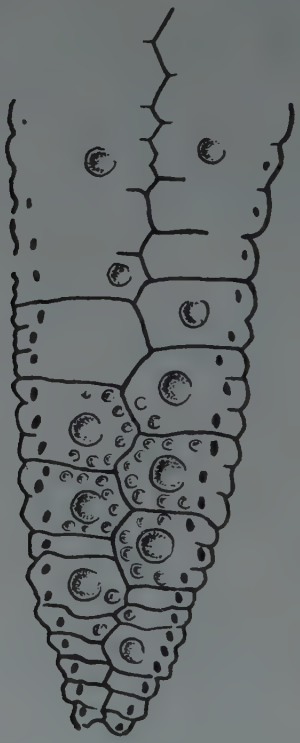


Fig. 6. A III du holotype de l'*Archiacia hungarica* SZÖRÉNYI (20 x)

périprocte est grand à forme ovale longitudinalement allongée ; il est situé au bord postérieur et l'entaille sans qu'on puisse l'observer d'au-dessus.

Tubercules minces, régulièrement espacés, parmi les tubercules on peut observer une granulation très fine. Sur le côté antérieur on peut observer des tubercules épars plus gros.

La matière étant à ma disposition et provenant d'une seule localité est loin d'être uniforme par rapport au contour et aux proportions du test. Du point de vue du contour on peut considérer comme caractères variables : 1. le contour de l'arc de la face supérieure et 2. celle du côté antérieur, et 3. le contour du bord postérieur.

Par rapport aux proportions du test on peut considérer comme un caractère variable : 4. la proportion de la largeur à la longueur. La proportion de la hauteur à la longueur est aussi variable, mais elle est chez tous les Echinides irréguliers la fonction de la variation individuelle et c'est pourquoi nous ne faisons pas de digression sur ce caractère.

1. Selon le contour de l'arc de la face supérieure et le caractère du développement du sommet on peut distinguer dans notre matière : a) des spécimens, dont la face supérieure est penchée du sommet jusqu'au bord postérieur en un arc régulier, dans ce cas le sommet est à

peine saillant (Nos Eb/348, Eb/349) ; b) la face supérieure est arquée en forme de selle et descend rapidement vers le bord postérieur. Dans ce cas le sommet est nettement défini (No Eb/355) ; c) la face supérieure est à peine arquée et ne descend que très légèrement vers le bord postérieur. Dans ce cas la face supérieure est presque parallèle à la face inférieure. Le sommet est peu défini et déborde du bord antérieur de la face inférieure (No Eb/353).

2. Du point de vue de la direction du côté antérieur, le contour peut être a) tronqué en arrière (No Eb/348) c'est-à-dire que le côté antérieur forme avec la face inférieure un angle aigu ; dans ce cas le sommet ne déborde pas du bord antérieur de la face inférieure ; b) penché en avant (No Eb/353), dans ce cas le côté antérieur du spécimen forme avec la face inférieure un angle obtus et le sommet déborde du bord antérieur de la face inférieure.

3) Le bord postérieur peut être a) fortement acuminé (No Eb/348), b) médiocrement acuminé (No Eb/349) et c) à contour arrondi (Nos Eb/353 et Eb/355).

Au point de vue des proportions du test, la longueur peut dépasser la largeur ; la longueur peut être égale à la largeur ou bien elle peut être inférieure à la largeur. Une semblable fluctuation de la proportion entre la longueur et la largeur est un phénomène rare, car cette proportion est habituellement constante et caratcéristique dans les limites d'une espèce. Les proportions différentes sus-indiquées se rencontrent tant chez les formes à bord antérieur penché en avant, que chez les formes à bord antérieur tronqué en arrière. Ce fait permet d'en venir à la conclusion, que l'angle d'inclinaison du bord antérieur à la face inférieure n'est pas en corrélation avec la proportion de la longueur du test à sa largeur.

Dans notre matière il y a treize individus plus longs que larges à côté antérieur tronqué en arrière, trois exemplaires à côté antérieur penché en avant (No Eb/356), treize spécimens plus larges que longs à côté antérieur tronqué en arrière et un exemplaire à côté antérieur penché en avant (No Eb/353). Chez quatorze spécimens la longueur du test est égal à sa largeur ; ils sont tous des individus à côté antérieur tronqué en arrière, excepté le spécimen No Eb/354, dont le côté antérieur peut être considéré comme vertical.

En dépit de tous ces caractères fort variables, nous rangeons tous nos spécimens dans une seule espèce sur la base de la forme et la position du péristome et du périprocte, de la forme et de la structure des ambulacres, des tubercules et du développement de l'appareil apical. Comme holotype nous avons choisi le spécimen relativement le mieux conservé (No Eb/348) et comme typoïdes nous y avons ajouté les individus les plus extrêmes de la matière (Nos Eb/349, Eb/353, Eb/355 et Eb/356).

Il importe de mentionner que la face supérieure des individus de plus petite taille, c'est-à-dire des exemplaires jeunes est relativement aplatie, ce qui signifie que le sommet n'est pas développé du tout chez eux (No Eb/357). Cela indique que le développement du sommet est un trait fonctionnel. La longueur de notre exemplaire le plus petit est à peine de 4 mm, sa largeur de 3,5 mm et sa hauteur atteint à peine 2 mm. Cet individu est absolument juvénile. Ses pores ambulacraires ne peuvent être discernés même au microscope, sa face supérieure est aplatie, mais sur son côté antérieur les tubercules primaires sont bien développés et on peut même constater que, sur l'ambulacre impair jusqu'au péristome, ils sont disposés en rangées. Son périprocte est plus central que chez les adultes et tant le péristome, que le périprocte sont de dimensions remarquablement grandes. Sur les bord du péristome, on peut observer quelques tubercules plus grands.

Sur la face inférieure d'un de nos spécimens (No Eb/358) on peut voir le fragment d'un radiole pourvu du bouton, mais sans l'extrémité. Sa tige est cylindrique, à crénelure parallèle et peu profonde, sur laquelle on peut aussi discerner une fine granulation. La collerette se rétrécit médiocrement avec une légère transition. L'anneau est légèrement saillant ; on n'y remarque pas d'ornementation (peut-être en conséquence de l'usure). Le bouton est conique, son diamètre dépasse considérablement celui de la tige. Le bord articulaire est onduleux, la facette articulaire profonde.

Cette trouvaille d'un petit radiole est très importante, car selon les données de MORTENSEN (4, IV/1, p. 319) les radioles des formes appartenant à la famille *Archiaciidae* COTTEAU ne sont pas connus.

L'*Archiacia hungarica* n. sp. diffère de toutes les espèces connues du genre *Archiacia* par sa plus petite taille, par son contour moins extraordinaire et par son péristome transversalement allongé. STEFANINI a décrit en 1918 (6, p. 141, pl. V., fig. 7*a—d*) sous le nom d'*Archiacia* sp. indet. un petit individu

provenant de l'Egypte, du «Désert Arabique», dont les dimensions seraient dans l'ensemble conformes à celles des exemplaires provenant de Zirc—Tündérmajor, mais il est d'une forme beaucoup plus élargie, son sillon frontal entaille le bord antérieur beaucoup plus étroitement et plus profondément, son péristome est plus fortement excentrique en avant, à forme pentagonale longitudinalement allongée. L'espèce *Archiacia pes cameli* SCHWEINFURT (2, p. 47, pl. I, fig. 16—18), qui est d'une forme un peu plus grande que notre spécimen le plus grand, diffère des exemplaires provenant de Zirc—Tündérmajor par sa face inférieure beaucoup plus large, par son sillon frontal plus profond, par son péristome longitudinalement allongé et par ce que le bord de la partie postérieure du test s'élève moins vers le périprocte. Relativement à son contour, l'espèce *Archiacia saadensis* PÉRON et GAUTHIER (1, fasc. 5, p. 156, pl. XI, fig. 1—4) se rapproche le mieux des spécimens provenant de Zirc—Tündérmajor, mais c'est une forme à taille beaucoup plus grande, ses pétales sont beaucoup plus clos à l'extrémité et son péristome est d'une forme pentagonale longitudinalement allongée. L'espèce *Archiacia santonensis* (5, VI, p. 287, pl. 912) est une forme à grandes dimensions et à péristome décagonal, les paires de pores de son ambulacre frontal sont disposées en séries doubles. Il n'était pas possible de comparer mes exemplaires aux espèces *Archiachia palmata* THOMAS et GAUTHIER et *Archiacia acuta* THOMAS et GAUTHIER.

Archiacia magna SZÖRÉNYI

Text-fig. N^{os} 7—9

Matière: 1 exemplaire
Localité: Zirc, Kakashegy
Niveau: calcaire à Réquiénies
Holotype: N° Eb/398 (Zirc, Kakashegy)

Forme plus longue que large, le sommet déborde de la face inférieure, et en conséquence l'appareil apical est fortement excentrique en avant. Le sillon frontal commence à mi-hauteur du côté antérieur, s'enfonce vers le bord et entaille nettement et largement le bord antérieur, puis continue jusqu'au péristome. La face inférieure est concave devant le péristome, son contour est acuminé en arrière, en avant il est tronqué parallèlement à l'axe de largeur du test. Le sillon frontal entaille le bord antérieur en forme sinueuse. Le bord latéral du test descend en angle léger du bord antérieur anguleux vers le point le plus large du test, situé au côté postérieur du test, et s'élève fortement de ce point-là jusqu'au bord supérieur du périprocte.

Le péristome est fortement excentrique en avant, à forme de pentagone régulier. La floscelle est médiocrement développée. Les phyllodes sont enfoncés, surtout l'impair, qui est logé dans le sillon frontal. Le périprocte est marginal, de dimensions très grandes, à forme longitudinalement ovale.

La surface de notre spécimen unique est si usée que ni les pétales, ni la granulation ne peuvent être observées.

Quant au contour, ce spécimen se trouve entre l'*Archiacia sandalina* (D'ARCHIAC) typique et l'espèce *Archiacia tissoti* COQUAND, mais son bord latéral descend plus faiblement vers le point le plus élargi du test et en conséquence le bord antérieur forme un angle plus défini avec le bord latéral, semblablement à l'espèce *Archiacia delgadoi* LORIOL (3, pl. XV, fig. 1).

THOMAS et GAUTHIER (8, p. 34) considèrent l'espèce *Archiacia tissoti* COQUAND comme un synonyme de l'espèce *Archiacia sandalina* (D'ARCHIAC), et ainsi on pourrait classer le spéci-

men provenant de Zirc-Kakashegy dans le groupe de l'espèce *Archiacia sandalina* (D'ARCHIAC), si la forme de son péristome n'était pas différente. L'état de conservation de notre exemplaire est d'ailleurs si mauvais, qu'il n'est pas propre à un examen détaillé et ainsi la possibilité d'autres différences ne peut pas être exclue. C'est pourquoi il ne semble pas opportun d'identifier l'exemplaire provenant du Kakashegy de Zirc avec l'espèce *Archiacia sandalina* (D'ARCHIAC), d'autant moins que, par rapport aux *Archiacia* cénomaniens à péristome longitudinalement allongé, la forme de son péristome peut être considérée comme un caractère primitif, tandis que par rapport à l'*Archiacia hungarica* n. sp. à péristome transversalement allongé, il révèle un degré supérieur de l'évolution et en conséquence il se place entre les formes aptiennes et cénomaniennes et les réunit dans une série d'évolution comme un chaînon d'attache.

Fig. 7—9 (Eb/398). *Archiacia magna* SZÖRÉNYI (gr. nat.)

En résumant les observations faites sur la matière des *Archiacia* de la montagne Bakony, on peut venir aux conclusions suivantes :

1. Les dispositions structurelles des *Archiacia* témoignent d'une forme d'existence en partie enfoncée dans les sédiments du fond de la mer.

2. Leur forme est le résultat de l'adaptation à cette forme d'existence.

3. L'apex fortement saillant se forme pendant le développement de l'individu, ce qui est prouvé par le fait que la face supérieure de notre exemplaire juvénile est régulièrement et faiblement bombée.

4. Le genre *Archiacia* ne se limite pas seulement à l'étage cénomanien, mais apparaît déjà à l'étage aptien.

RÉSUMÉ

Du groupe de marnes argileuses aptiennes de la partie septentrionale de la montagne Bakony nous donnons la description de l'espèce *Archiacia hungarica* n. sp. et du calcaire à Réquiénies à faciès urgonien celle de l'espèce *Archiacia magna* n. sp. La trouvaille de la montagne Bakony étend l'expansion verticale du genre *Archiacia* et présente de données précieuses sur la phylogénie de ce genre et sur l'ontogénie de l'espèce *Archiacia hungarica*.

BIBLIOGRAPHIE

1. COTTEAU, PÉRON, GAUTHIER : Echinides fossiles de l'Algérie, 1876—84.
2. FOURTAU : Notes sur les Echinides fossiles de l'Egypte. — Bull. Inst. Egyptien ser. 4, Fasc. 2, 1901.
3. DE LORIOL : Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal II. Description des Échinodermes. — 1887—88.

4. Mortensen : A monograph of the Echinoidea. IV/1, 1948.
5. d'Orbigny—Cotteau : Description des Mollusques et Rayonés fossiles. Pal. Fr. Terr. crét., 1853—67.
6. Stefanini : Echinidi cretacei e terziari d'Egitto raccolti da Antonio Figari Bey. Boll. Soc. Geol. Ital., **37**, 1918.
7. Szörényi : Échinides crétacés de la Montagne Bakony (Hongrie) — Geologica Hungarica, Series Palaeontologica, Fasc. **26**, 1955.
8. Thomas et Gauthier : Description des Echinides fossiles recueillis en 1885 et 1886 dans la région Sud des Hauts-Plateaux de la Tunisie, 1889.
9. Zapfe : Lebensspuren grabender Echiniden aus dem Eozän Siebenbürgens — Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien, LXXXV, 1935.

ПРИМЕЧАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ARCHIACIA (МОРСКИЕ ЕЖИ)

Э. Ф. СОРЕНИ

Резюме

Из группы аптских глинистых мергелей северной части гор Баконь дается описание вида *Archiacia hungarica* n. sp., а из известняка с *Requienia* ургонской фации — вида *Archiacia magna* n. sp.

Подведя итоги наблюдениям по материалу *Archiacia* гор Баконь, можно сделать следующие выводы :

1. Структурные особенности *Archiacia* свидетельствуют о форме существования, характеризуемой частичной погруженностью в осадках морского дна.
2. Их форма является результатом адаптации к такой форме существования.
3. Резко выступающий апекс образуется в ходе развития особи. Это доказывается фактом, что верхняя сторона нашего ювенильного экземпляра является регулярно и слабо выпуклой.
4. Род *Archiacia* не ограничивается ценоманским ярусом, а появляется уже в аптскую эпоху.

Находка в горах Баконь расширяет вертикальную распространенность рода *Archiacia* и предоставляет ценные данные относительно филогенеза этого рода, а также онтогенеза вида *Archiacia hungarica*.

LES CONDITIONS DE L'INTERSTADIAL WÜRMIEN I/II HONGROIS ÉLUCIDÉES PAR L'EXAMEN DES REMPLISSAGES DE GROTTES

Par
L. VÉRTES*

MUSÉE NATIONAL HONGROIS, BUDAPEST

Pour les recherches concernant le Quaternaire faites dernièrement en Hongrie la théorie astronomique de MILANKOVIČ développée par BACSÁK [1, 2, 3, 11] a pris une importance allant toujours grandissante et nos chercheurs ont réussi à en établir des parallèles avec les observations géologiques, météorologiques et paléobotaniques les plus variées [3*a*, 8, 9].

Dans ce mémoire nous avons l'intention d'adapter la théorie astronomique à un terrain d'observations jusqu'ici négligé, notamment à l'étude des remplissages de grottes, en nous appuyant d'une part sur les thèses de la théorie et d'autre part en confirmant sa nature indispensable.

Jusqu'à ces temps derniers on a plutôt négligé l'étude géologique et pétrologique des remplissages de grottes. A l'étranger c'est Robert LAIS [10] qui a attiré le premier, aux débuts des années quarante de ce siècle, l'attention à ce que les caractéristiques physiques et chimiques des remplissages de grottes peuvent fournir des dates immédiates très profitables concernant le mode de formation de ces dépôts. La comparaison de ces données avec les résultats obtenus sur les autres trouvailles de la couche examinée mène à des conclusions intéressant toutes les branches apparentées de la science.

Le point de départ de LAIS est que les conditions climatiques déterminent les caractéristiques des dépôts de cavernes aussi bien que ceux des dépôts formés à jour. Il en a étudié les conditions granulométriques, la teneur en humus et carbonates, le degré de la décomposition et la porosité. LAIS a considéré l'âge glaciaire comme une succession de périodes froides et chaudes, puisque quand il a fait ses recherches, les types de climat de BACSÁK n'étaient pas encore connus, ainsi il n'a pas pu donner une explication correcte des caractères des dépôts des cavernes.

Nous avons étudié systématiquement avec la méthode de LAIS, quelque peu augmentée et modifiée, 15 séries de remplissages de grottes hongroises. Le résultat de notre étude est satisfaisant. Il en résulte nettement que les remplissages de grottes donnent à eux seuls — sans compter les vestiges paléontologi-

* Mémoire présenté à la séance du 3 novembre 1954 de la Société Géologique Hongroise.

ques et archéologiques qu'ils renferment — plus d'indications concernant le climat du temps de leur formation que la plupart des dépôts formés à jour.

Il faut mentionner que l'étude des remplissages de grottes ne peut fournir un tout bien utilisable, que si l'on essaye de faire son évaluation non pas par couches, mais en prenant en considération toute la suite des couches, et si nous nous servons seulement de valeurs relatives dans chaque suite, parce que l'examen ne fournit pas de valeurs absolues, utilisables également pour tous les lieux d'occurrence. La cause en est que les grottes se sont formées dans des roches diverses, leur ouverture est orientée vers diverses régions du ciel, la roche formant le toit a une épaisseur variable, l'inclinaison de la pente située en amont peut aussi varier, de même que l'ordonnance tectonique, etc. Mais nous tenons à souligner que l'on peut considérer comme constantes les déviations mutuelles que forment entre eux les diverses couches du même dépôt, cela dépendant des conditions climatiques de leur formation.

En partant des résultats que nous a fourni l'examen des remplissages de grottes mentionné nous avons essayé de réunir les traits caractéristiques de tous les types climatiques glaciaires logiquement possibles. Nous ne pouvions pas nous contenter des types climatiques solaires, établis par le calcul de BACSÁK qui changent de valeur selon la place qu'ils occupent dans l'une ou l'autre des grandes unités des changements du climat de l'époque glaciaire. Il nous fallait donc, en partant des possibilités logiques, établir des types glaciaires théoriques qui doivent contenir toutes les possibilités advenues au cours de l'époque glaciaire. C'est ainsi que nous avons établi le tableau suivant, dans lequel nous avons essayé de faire figurer toutes les données que nous possédions concernant les remplissages de grottes. (Voir le tableau, p. 395)

Nous pouvons présenter l'emploi du tableau et aussi la méthode employée pour l'étude des dépôts de cavernes de la façon la plus instructive sur la série des couches de l'abri II de Pilisszántó, parce que parmi tous les cas examinés par nous c'est celui qui a donné les résultats les plus clairs et les plus concordants. Nous présentons encore les résultats de l'examen pétrologique de la grotte de Istállóskő, parce que les vestiges qu'elle renfermait sont des plus riches en Europe et c'est ici que nous avons eu les moyens de faire des recherches multilatérales et, en même temps, d'exercer un contrôle sous plusieurs points de vue.

Dans l'abri II de Pilisszántó nous avons exécuté les fouilles déjà en 1946 avec un résultat paléontologique et archéologique moyen. Pour fixer la suite des couches, que nous présentons ici, nous nous sommes servis de la méthode «Lack-Film». Cette méthode, employée en Hongrie pour la première fois à cette occasion, a été préconisée en 1930 par le géologue allemand VOIGT [16, 17]. Nous avons pulvérisé sur la coupe préparée d'avance une solution de celluloïde à l'acétone, puis à l'aide d'une solution plus dense de cette substance, additionnée de glycérine ou d'huile de ricin, nous y avons collé une couche de gaze, détachée ensuite avec précaution, après que la colle est

Fig. 1

Type de climat		Porosité	$CaCO_3$	Humus	Débris de calcaire (0,5—40 mm)	Grains menus (0,002—0,5 mm)	Couleur
estival	hivernal						
Frais, humide	froid, sec	++	+	++	peu, de grandeur moyenne, anguleux	peu, quelque peu loessique	jaune-grisâtre, jaune-orange
Frais, humide	doux, humide	+++	++	++	moyens, petits, anguleux et émoussés	peu, argileux	gris, brun
Chaud, humide	froid, sec	++	++	++	peu, à peine émoussés	matière loessique en quantité moyenne	brun-clair, brun-jaunâtre
Chaud, humide	doux, humide	+++	+++	+++	peu, grands ou moyens, émoussés	beaucoup, argileux	rouge-foncé, noirâtre
Chaud, sec	froid, sec	+	+	+	peu, anguleux	loessique	jaune
Chaud, sec	doux, humide	++	+	++	peu, gros, émoussés	peu, argileux	gris, brunâtre

Ce tableau s'est avéré d'une compréhension égale dans la pratique

devenue assez consistante. La celluloïde, après l'évaporation de l'acétone, a apporté avec elle une couche de terre de quelques millimètres et même des pierres de la grosseur d'un poing y restaient attachées. La coupe ainsi obtenue peut servir aussi bien à l'examen ultérieur à l'œil nu, ou par des instruments, que la coupe originale.

Dans le profil de l'abri II de Pilisszántó on peut distinguer les couches suivantes (fig. 1) :

En bas il y a une matière brune contenant de menus fragments de calcaire arrondis. Au-dessus succède une couche loessique renfermant des pierres plus grosses, anguleuses, recouvertes de lœss typique.** Ensuite on voit une couche de transition lœssique, argileuse, renfermant de petites pierres ; les débris de calcaire qu'elle contient sont en partie émoussés, en partie anguleux. Cette couche se fond avec transition dans une matière blanchâtre, à haute teneur en carbonate de calcium, dans laquelle la plupart des débris calcaires présentent

** Il nous faut remarquer que la cavité de l'abri II de Pilisszántó est à peine plus profonde que les bas abris sous roche, l'apparition d'une couche de lœss identique dans toutes ses propriétés avec lès lœss du dehors n'a donc rien d'imprévu. Mais on peut considérer la série des couches qu'il contient comme caractéristique des grottes, parce que c'est l'eau des précipitations infiltrée à travers le toit, renfermant du calcaire en solution, qui en a déterminé certains caractères et aussi, parce que le dépôt s'est enrichi avec des débris de calcaire tombés du toit, possédant des traits différents selon les conditions climatiques.

des cassures tranchantes, et sont recouvertes d'une écorce altérée. Ensuite il y a une couche humifère brune dégradée (horizon B) et enfin la série est close par une couche humifère noire récente (horizon A).

La courbe granulométrique des parties de taille inférieure *à un demi millimètre* (fig. 2*a*) prouve que les deux couches qualifiées comme lœssiques contiennent en effet des grains de dimensions lœssiques, c'est-à-dire qu'elles représentent du lœss authentique. Nous tenons à mentionner ici que durant les périodes cryophiles de l'époque glaciaire la désagrégation mécanique des roches fournit aussi des débris de dimensions caractérisant le lœss [5, 13, 4]. Dans nos cavernes, par conséquent, la présence de grains de 0,1 à 0,2 mm dans le matériau de remplissage peut aussi bien indiquer du lœss authentique, que

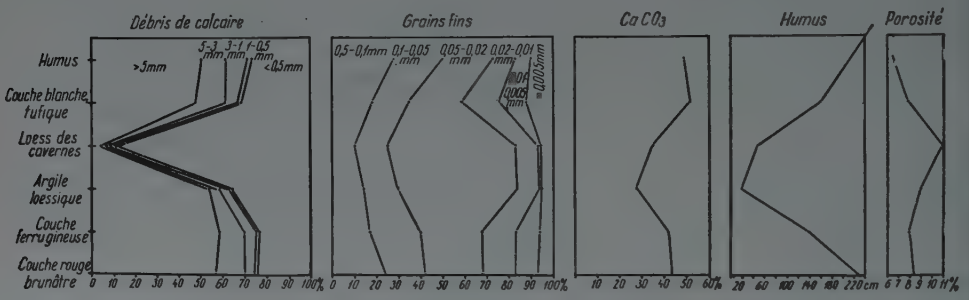


Fig. 2

l'activité de la gelée du temps frais et humide des périodes cryophiles. Mais on peut très bien distinguer ces deux possibilités par d'autres procédés d'examination.

Dans la couche située le plus bas et dans les couches supérieures la part du matériau caractérisant le lœss est moindre, mais la part du matériau de taille inférieure à 0,01 mm, argile fine et limon, augmente à cause de la désagrégation plus intensive de la mère-roche.

Les grains de 1 à 0,5 mm appartiennent déjà aux débris calcaires.

Ce graphique indique une période initiale humide, devenant — après une période de transition — fraîche, humide — sèche, déposant du lœss. Ensuite suivent, avec transition, les remplissages d'une période à température moyenne plus élevée, humide, et finalement le remblai de la période tempérée actuelle.

Le groupe des débris calcaires (à gros grains) montre d'abord que les parties excédant 1 mm diminuent en quantité graduellement, d'une façon parallèle et puis elles augmentent de nouveau (fig. 2*b*). Selon LAIS, dont nous partageons l'avis d'après nos expériences, les périodes océaniques, plus chaudes ont produit beaucoup de petits débris calcaires, les périodes sèches, plus froides en ont produit moins et de plus gros. Nous pouvons y ajouter que le type climatique

subtropical *** des périodes glaciaires et des phases sans glace produit plutôt des débris émoussés à cause de la legère différence entre les deux moitiés de l'année, tandis que les types antiglaciaires et subarctiques produisent plutôt des débris anguleux, à cause des différences extrêmes de la température. Naturellement, cette relation change selon que le type climatique solaire en question se trouve dans une période cryonale ou intercryonale. En général les débris des périodes cryonales sont tranchants, ceux des périodes acryonales sont émoussés.

La partie inférieure de notre graphique représente donc une période à climat océanique, sans changements extrêmes, où la congélation a eu peu de rôle. Elle était suivie par une période humide aussi, mais plus froide, selon le témoignage des débris calcaires tranchants (ou au moins par une période à températures moyennes mi-annuelles plus extrêmes), après laquelle suivait le cryon avec ses sédiments de lœss et finalement la période de transition cryophobe extrême, d'abord sèche, ensuite humide, à caractère monsounique. Cette période est indiquée par la couche blanche, sur laquelle s'est déposé l'humus.

Dans les dépôts des cavernes la déposition des carbonates a lieu d'une autre manière que dans les dépôts formés à ciel ouvert, par exemple le lœss (fig. 2*c*). S'il s'infiltre beaucoup d'eau à travers le toit de la grotte, il se déposera beaucoup de carbonate de calcium dans la cavité bien aérée. Dans les périodes à peu de précipitations la déposition du carbonate devient moindre, ce que montre aussi le graphique. La teneur en humus de la couche est aussi une fonction de la précipitation annuelle, surtout de celle du semestre estival et de la température moyenne (fig. 2*d*). On peut reconnaître l'interférence de deux causes dans le fait que, selon notre graphique, la teneur en humus de «l'argile lœssique» est moindre que celle du «lœss». L'une, c'est que la plus grande partie de la période cryonale W II + III consistait en types climatiques antiglaciaires et subarctiques solaires extrêmes, où la température estivale relativement haute a pu favoriser le développement de la végétation de la steppe lœssique, tandis que dans la période cryophile W II précédente, la végétation n'a pu prendre un essor considérable à cause de la température moyenne basse, malgré les précipitations abondantes. L'autre cause c'est que ces mêmes précipitations abondantes ont lessivé l'humus de cette couche. La teneur en lœss de cette couche peut aussi indiquer que les systèmes de vents «uniformes» des périodes transitoires, n'étaient pas tellement uniformes, de développement caractéristique, qu'on est enclin à le supposer selon les calculs.

L'examen de la porosité a donné, dans cette série de couches des résultats à ceux qu'on pouvait préconiser (fig. 2*e*). Selon nos expériences ce sont des données dont on peut se servir le moins utilement.

*** Dans notre mémoire nous employons les termes subtropical, subarctic, glaciaire et antiglaciaire toujours dans le sens des types climatiques-solaires de BACSÁK, ou nous l'indiquons s'ils sont employés dans un autre sens.

En prenant aussi en considération les données paléontologiques et archéologiques nous pouvons résumer nos constatations de la manière suivante : La couche inférieure, brunâtre, à menus débris s'est déposée dans l'interstadial W I/II. L'argile lœssique qui la recouvre s'est formée dans la période cryophile Würm II. Le lœss de W II + III s'est déposé sur cette couche, sans qu'on y puisse discerner une trace quelconque de l'interstadial W II/III. Au-dessus, la phase subarctique (dans le sens non-solaire ; Dryas) de l'époque postglaciaire et le dépôt préboréal (sapin-bouleau) se présentent dans la couche de transition pierreuse, qui se prolonge dans la couche tufique blanchâtre, dans la période du noisetier boréale. Au-dessus se trouve l'humus de la période atlantique plus jeune et des périodes consécutives de nos temps.

La deuxième série de dépôts que nous présentons, est celle de la caverne de Istállóskő. Nous avons travaillé dans cette caverne pendant quatre saisons avec D. JÁNOSSY et plusieurs autres collaborateurs. La série étudiée consistait en quatre couches principales, nettement distinguables aussi à l'œil nu. La couche inférieure est stérile, elle consiste en débris de pierres formés en place, avec des inclusions de lœss formant des nids. Au-dessus il y avait une couche brun clair, à menus débris, avec les instruments de l'Aurignacien I. Ensuite il se trouvait une couche pierreuse, brun-grisâtre, puis une couche lœssique claire, d'un brun roussâtre. Dans les deux, nous avons trouvé les instruments de l'Aurignacien II. Les couches supérieures qui s'y trouvaient ont été enlevées déjà par des fouilles précédentes et ce n'est que par endroits que nous avons pu recueillir quelques vestiges en quantité suffisante pour l'examen. Les couches manquantes sont formées d'argile jaune clair, fortement pierreuse et au-dessus il y avait déjà l'humus gris, puis brun, récent.

Les trouvailles archéologiques font de cette caverne le gisement Aurignacien le plus riche et le plus instructif de l'Europe Centrale. Mais les autres objets provenant de cette fouille ne sont pas moins abondants et intéressants. La faune a été étudiée par JÁNOSSY. Il a déterminé plus de 30 000 os, parmi ceux-ci plusieurs centaines de mandibules de petits rongeurs sur lesquelles il a fait des recherches de variation-statistique. Nos collègues SÁRKÁNY et STIEBER ont déterminé près de 1000 vestiges de bois avec leur nouvelle méthode d'investigation. Mlle HERRMANN nous a aidé à déterminer, de la manière la plus précise possible, l'âge par des examinations microminéralogiques. TASNÁDI KUBACSKA a étudié la riche collection de vestiges d'ossements d'animaux vieillis et malades. L'ingénieur SOLTÉSZ a fait l'étude de la variation-statistique de plusieurs milliers de dents d'ours de caverne. Les objets recueillis ont été étudiés par 12 spécialistes en tout.

Selon l'examen de la faune toutes les couches — y compris la couche supérieure jaune enlevée au cours des fouilles précédentes — renfermaient les vestiges des mêmes espèces d'animaux. Mais les proportions des diverses espèces change selon les couches. Ainsi l'habitant des steppes *Ochotona*, le *Microtus oeconomus*

et le *Microtus gregalis* sont plus fréquents dans la couche inférieure brun clair et dans la couche supérieure brune que dans la couche intermédiaire brun-grisâtre. Le rapport centésimal du *Talpa* et *Arvicola*, qui sont des espèces hydrophiles, est juste le contraire. Il en suit donc que les précipitations ont été moindres dans

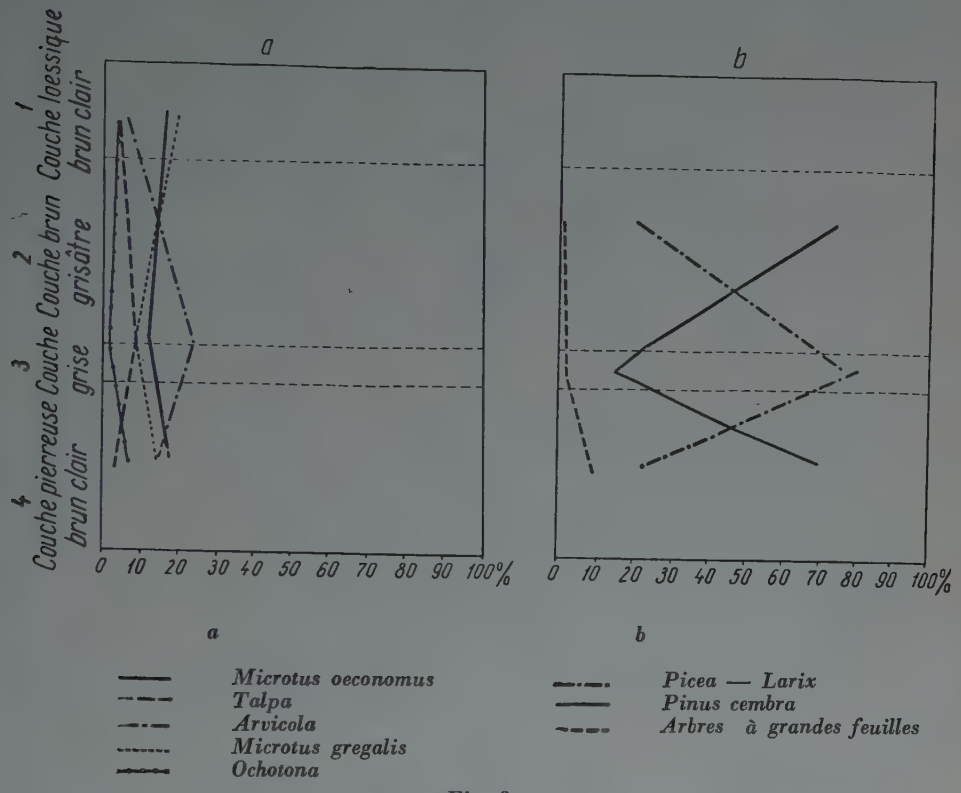


Fig. 3

les couches inférieures et supérieures que dans la couche moyenne (fig. 3*a*). Mais en même temps les courbes obtenues par l'étude variation-statistique des dimensions des mandibules de *Microtina* n'indiquent pas une variation notable du changement de la température annuelle moyenne dans le sens de la règle de Bergmann [7].

L'étude des échantillons de charbon de bois témoigne aussi la variation centésimale des espèces identiques dans toutes les couches et cela d'une manière encore plus saillante que les données faunistiques. En partant d'un bas la quantité des vestiges de *Picea* et *Larix* croît, puis elle décroît de nouveau. Le *Pinus cembra* — qu'on a considéré jusqu'ici comme une plante caractéristique des périodes cryoniques — constitue les trois-quarts des charbons de bois dans la couche la plus basse, dans la couche moyenne il est de beaucoup moindre et dans la couche supérieure il reprend son rôle dominant (fig. 3*b*). Les variations

de ces trois espèces de bois indiquent les mêmes variations climatiques que les vestiges faunistiques. Mais il est remarquable que, tandis que les espèces à grandes feuilles figurent avec 8,1% dans la couche inférieure, continentale, elles diminuent jusqu'à 0,7% vers la hauteur. On peut attribuer le nombre relativement élevé des espèces à grandes feuilles de la couche inférieure à une période précédente, à climat plus avantageux, probablement à l'interglaciaire R/W [12].

L'examen microminéralogique en a démontré dans les couches inférieure et supérieure bien plus et dans la couche moyenne moins de grenat, de rutile, de zircone, de tourmaline etc., c'est-à-dire des espèces qui sont parvenues dans notre caverne avec le loess. Dans la couche moyenne, par contre, il y a beaucoup de limonite, dont les formes de croissance en témoignent l'origine épigénique [6].

En résumé, nous avons réussi à démontrer à l'aide de notre riche matériel une évolution climatique qui au commencement du remplissage de la grotte avait un caractère steppique, sec, devenait ensuite océanique et enfin continental de nouveau.

A l'aide des vestiges archéologiques nous pouvons déterminer l'âge absolu des dépôts. Selon l'avis de tous les chercheurs actuels l'industrie aurignacienne doit être placée dans l'interstadial W I/II en Europe Centrale. En connaissance de toutes ces dates nous avons étudié les 20 échantillons recueillis dans les couches les moins troublées.

Dans la couche inférieure les débris de calcaire sont petits et se voient nombreux, les échantillons tranchants et émoussés alternent. Plus haut on trouvait beaucoup d'exemplaires émoussés, de taille moyenne, ensuite leur nombre diminuait, tandis que leur taille augmentait et en fin, parmi les vestiges de la couche jaune déjà enlevée, il y avait de nouveau des exemplaires de dimensions moyennes, non émoussés.

Dans l'évaluation des résultats figurés dans le graphique (fig. 4) nous avons suivi la même méthode que dans le cas de l'abri II de Pilisszántó et, pour résumer, nous nous sommes aussi servis du «tableau de détermination». Nous n'avons pas l'intention de nous étendre davantage sur les détails de notre travail [15].

Si l'on compare les résultats paléozoologiques, paléobotaniques et minéralogiques énumérés avec les observations pétrologiques, on peut établir que la concordance existant entre les résultats est une preuve de leur justesse et de la validité des conclusions qu'on en peut tirer. Nous avons trouvé que l'examen du matériau du profil de Istállóskő indique 8 périodes climatiques se succédant. Tout en bas l'échantillon N° 20 indique l'existence d'une ancienne source, ce qui peut aussi être considéré comme un indice climatique indiquant une période humide, riche en précipitations. Les intercalations de lœss visibles par endroits dans les échantillons 19 et 18 sont des preuves de la période cryonale à vent d'est. Les matériaux des échantillons 16 à 12 se sont déposés dans une période à été humide, tempéré et à hiver froid et sec, puis ils finissent par une période de

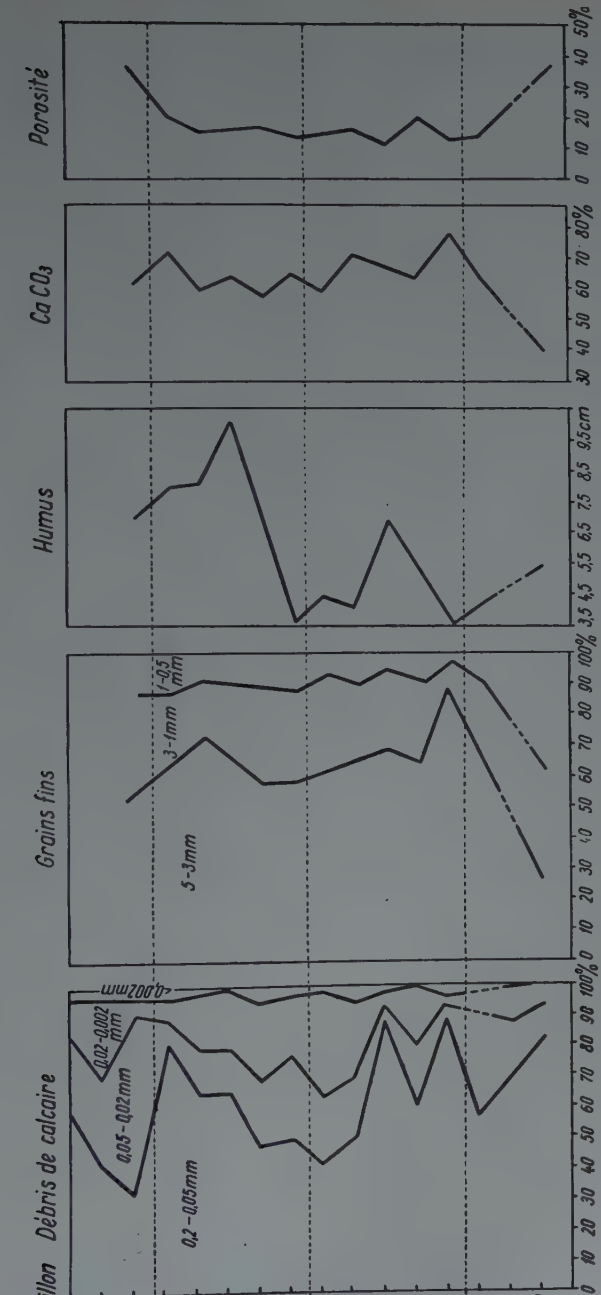

N:o de l'échantillon
Débris de calcaire
Grains fins
Humus
Ca CO3
Porosité
Loessique brun clair
Brun grisâtre
Brun clair
Stérile avec des débris de pierres
<0.002mm
0.002-0.002 mm
0.05-0.02mm
0.2-0.05mm
1-0.5 mm
3-1mm
5-3mm

Fig. 4

transition, représentée par l'échantillon 12. Ensuite il y a eu une interruption dans la sédimentation accompagnée d'ablation dans certains endroits de la caverne. Quelques vestiges des minces sédiments de cette période sont visibles en certains points de la caverne comme des lambeaux de couches rouges intercalés entre les échantillons 10 et 12. L'échantillon 10 indique un été frais, humide et un hiver doux, humide, tandis qu'à l'époque de la formation des échantillons 9 à 4 la période à hiver doux, sans extrêmes, d'humidité moyenne au commencement est devenue successivement plus humide avec une température annuelle moyenne plus basse, ce qui a été causée par l'invigoration des hivers. Le matériau des échantillons 3 à 1 indique des étés frais, à humidité moyenne, et des hivers froids, secs, mais qui deviennent successivement plus humides. Suivraient ensuite les couches enlevées, qui forment un hiatus considérable dans nos investigations. Mais nous pouvons admettre que nous aurions dû y constater une interruption de la formation du sédiment. Enfin la couche supérieure, jaune — dont nous n'avons pu obtenir que des fragments — est le témoin d'une période climatique dans laquelle le temps a été frais, riche en précipitations, pendant toute l'année.

Un trait intéressant du système de Bacsák, complété par Kriván, c'est qu'il démontre une oscillation subtropicale dans le Würmien I, dont l'amplitude est si grande, et la durée si longue, que tout en alimentant la nappe de glace du Würmien vieillissant, elle a pu créer des forêts en notre territoire subpériglaciaire. Les traces de cette période subtropicale active se révèlent dans la division tripartite des zones rubéfiées d'âge W I/II des profils de lœss, observable aussi bien en Hongrie qu'à l'étranger dans la «couche de lehm» inférieure.

Si nous prenons comme point de départ que, selon toutes les observations, l'industrie aurignacienne a été florissante dans l'interstadial W I/II en Europe Centrale, tandis qu'elle n'est parvenue en Europe Occidentale qu'au W II, nous pouvons essayer d'adapter nos 8 sortes de périodes climatiques à la série de types climatiques de Bacsák.

Nos points de départ sont la source dont on peut supposer l'âge comme appartenant à l'interstadial R/W ou tout au plus au cryophile du W I, et le lœss inférieur du cryon du W I, notre ligne de clôture est la couche jaune supérieure qui ne peut indiquer que la période cryophile du W II. Bacsák a établi 7 types climatiques à partir du commencement du W I jusqu'au commencement du W II. A notre satisfaction la série climatique résultant de nos recherches s'adapte sans heurt à cette série de types calculés, solaires.

Nous pouvons mettre en accord les observations de la manière suivante : Le commencement du W I et la période subarctique qui le suit correspondent à nos échantillons 20 à 18. Nos échantillons 16 à 13 correspondent à la période antiglaciaire très courte et à la phase initiale de la période subtropicale active. La plus grande partie de la période subtropicale active est marquée par l'échantillon 12, l'hiatus et l'échantillon 10. La fin de la période subtropicale est indiquée

par la série 9 à 4. Il y a ensuite une période antiglaciaire, dans laquelle il y a de nouveau une chute de lœss sur les forêts de l'époque subtropicale active, mais sans les détruire. Cette phase est représentée dans le matériau de nos échantillons 3 à 1. L'acryon W I/II de la fin de l'antiglaciaire et de la phase subarctique suivante a été représenté dans notre hyatus supérieur. Enfin la phase cryophile W II, produite par un type climatique glacial, correspond à notre couche jaune. Après la formation de ce dépôt il y a une rupture considérable dans la formation du sédiment et le dépôt suivant de la caverne est déjà formé par l'humus récent.****

La justesse de la réconstruction est prouvée par le fait que les possibilités de variation de la mise en parallèle d'une série climatique à 8 membres avec une autre à 7 membres, sont pour ainsi dire infinies, une concordance fortuite entre les deux séries est exclue.

En pratique nous sommes donc arrivés à pouvoir réduire à des phases de 2000 à 7000 ans la conclusion antérieure selon laquelle l'industrie aurignacienne a vécu en Hongrie dans l'interstadial W I/II, ce qui signifiait — selon la conception antérieure — une période d'une durée de 30 000 ans au moins. A l'aide de telles durées de temps on peut développer l'archéologie du paléolithique en une science historique, parce qu'elles fournissent des données d'un haut degré de certitude concernant les composants temps — espace de la migration, de la coexistence, de l'évolution des divers groupes humains. Un autre résultat de notre travail c'est que l'interstadial, supposé jusqu'ici comme étant uniformément chaud, n'a pas été chaud du tout au point de vue de la température annuelle moyenne et que même dans la période subtropicale, supposée comme étant très favorable, la température moyenne n'était pas plus élevée que dans la période subarctique qui la précédait. Elle est toutefois un peu plus élevée que dans la période antiglaciaire suivante produisant du lœss, où on pourrait pourtant s'attendre à une température beaucoup plus élevée. On ne peut admettre une différence notable qu'entre la température des semestres d'été et d'hiver, égalisée dans la moyenne annuelle.

Nous voulons faire ressortir encore le fait important que la phase subtropicale de W I a été équivalente, quant à son développement et sa durée, avec la phase acryonique de l'interstadial proprement dit et qu'ainsi l'industrie aurignacienne I n'est pas contemporaine à l'interstadial, mais au W I. Cette constatation n'est nouvelle que dans un sens terminologique, puisque — comme nous l'avons mentionné — c'est la zone inférieure rubéfiée des «couches de lehm»

**** On a souvent observé le fait jusqu'ici inexpliqué que les séries de dépôts de nos cavernes manquent presque toujours de continuité. Il y a aussi une irrégularité apparente quant au commencement de la formation du dépôt et sa continuité. Nous connaissons en Hongrie un abri (l'abri I de Uppony) dont le dépôt est restreint au R/W, immédiatement au-dessus il y a déjà l'humus. En un autre endroit (caverne Kálmán LAMBRECHT) le remblai R/W est recouvert par le dépôt du W I et celui-ci est recouvert par l'humus. Dans d'autres cas le dépôt le plus ancien est le lœss du W III, etc. Il y a aussi des ruptures de la sédimentation dans la série même, et — comme nous l'avons déjà mentionné — il y a aussi des parties de dépôts dénudées.

d'âge interstadial W I/II des lœss de l'Europe Centrale, qui représente la phase subtropicale active, tandis que jusqu'ici on a rangé la «couche de lehm» entière, y compris sa partie appartenant à la phase subtropicale, dans l'interstadial du Würmien I.

Notre but ultérieur est — en nous servant de la méthode exposée et en nous appuyant à la théorie MILANKOVIČ—BACSÁK — d'élaborer la division détaillée de l'époque glaciaire tardive de la Hongrie dans ses relations stratigraphiques et chronologiques et à la paralléliser avec les observations archéologiques, pour obtenir ainsi des réponses satisfaisantes concernant la migration et la manière de vivre de l'homme du Paléolithique, la coexistence des diverses cultures et d'autres questions essentielles.

RÉSUMÉ

En ces dernières années l'étude du Quaternaire a pris un nouvel essor en Hongrie sous l'influence des travaux de BACSÁK pour ce qui est du développement de la théorie de MILANKOVIČ.

Une partie de ces études multilatérales, l'examen pétrologique systématique des remplissages de grottes hongroises, a donné des résultats permettant de suivre d'une manière plus précise les phénomènes climatiques et la chronologie de l'époque glaciaire.

Pour nos recherches sur les remplissages de grottes nous suivons les travaux analogues de LAIS. Nous étudions les caractéristiques des débris de calcaire, les changements de la répartition des grains, la teneur en carbonate de calcium et en humus et les changements du degré d'altération se manifestant dans la porosité. D'après nos observations nous avons rédigé un «tableau de détermination» comprenant les possibilités climatiques du Würmien.

Selon nos résultats concernant la série des débris de l'abri II de Pilisszántó, exposés dans ce mémoire, la sédimentation a pris son cours dans l'interstadial W I/II et a continué au cours de la phase cryophile du W II. Ensuite apparaît le lœss de la phase cryonique du W II + III, qui n'est pas interrompue par une sédimentation homogène, indiquant une phase interstadiale. Puis succèdent l'argile à débris de calcaire des phases postglaciaires, le matériau tufique de la phase du noisetier et enfin, les couches humifères des temps actuels.

Nous avons poursuivi des recherches analogues sur le matériau du remplissage de la caverne de Istállóskő où nous avons pu contrôler nos résultats par l'examen paléontologique, microminéralogique et archéologique du matériau provenant des fouilles extrêmement riches en vestiges. Nous avons pu établir que la couche inférieure pleistocène de la grotte de Istállóskő s'est déposée dans le W I et que la couche supérieure s'est formée pendant la phase cryophile du W II. Les vestiges de l'industrie aurignacienne I proviennent de la phase climatique subtropicale dite active (solaire) de la fin du W I, les objets de l'Aurignacien II proviennent de la phase sans glace du W I/II.

Cette méthode — tout en nous permettant d'approcher considérablement l'image réelle des changements climatiques mineurs du Würmien — peut servir à obtenir des données plus précises que celles que nous possédons actuellement concernant les événements préhistoriques.

Annexe

Après la clôture du manuscrit, en nous occupant des remplissages des cavernes hongroises, le problème s'est posé d'avoir une méthode permettant de fixer le climat du temps de la formation d'une seule couche prélevée isolément dans la série, au lieu d'être obligé d'examiner la série entière. Dans ce but nous étions obligés d'élaborer une méthode capable de nous fouurnir des données numériques de valeur constante. Il nous a paru que pour cela on peut se servir

de la comparaison, sous forme de quotients, de la teneur en loess, de l'état corrodé des débris calcaires et du rapport, exprimé en pour cent, des grains dépassant 5 mm et inférieurs à 0,5 mm.

1. La fraction loessique — même si elle ne représente pas du loess authentique, mais qu'elle a été formée sous l'action du gel pendant les stades cryophiles — caractérise les stadiales. La corrosion des fragments de calcaire est le produit des périodes à températures moyennes plus élevées, d'un caractère océanique plus prononcé. On peut mettre ces deux facteurs dans le rapport suivant :

$$\frac{\text{débris calcaires corrodés \%}}{\text{fraction 0,1 à 0,2 mm\%}}.$$

Nous avons calculé cet index pour plus de 80 échantillons de remplissage de caverne. Le calcul a donné, avec à peine un ou deux déviations, des valeurs constantes. La valeur de l'index — qu'on peut aussi nommer *index climatique* — varie entre 0 et 1 pour les couches formées dans la période continentale des stadiales. L'index climatique des périodes cryophiles varie entre 1 et 2, celui des interstadiales entre 2 et 3, les périodes interglaciaires présentent en général une valeur excédant 3. L'index climatique augmente donc régulièrement à partir de l'ère froide continentale vers les périodes à climat océanique chaud.

2. Si le remplissage contient beaucoup de matériaux inférieurs à 0,5 mm, cela peut, en premier lieu, être le résultat de l'accumulation du loess, tandisque les débris dépassant 5 mm peuvent indiquer l'effet du gel, ou bien, dans les périodes à climat plus doux, plus humide, la destruction rapide des parois de la caverne. Mais selon nos observations c'est encore la quantité des petits grains qui domine pendant les périodes interglaciaires. L'*index des débris* est obtenu par le rapport

$$\frac{> 5 \text{ mm\%}}{< 0{,}5 \text{ mm\%}}.$$

Il a les valeurs moyennes : 0 à 0,5 dans la période continentale des stadiales, 1 à 2 dans les périodes cryophiles, au-dessus de 2 dans les interstadiales, et enfin 0 à 0,5 pour le matériau formé pendant les interglaciaires.

Dans la série des couches de l'abri II de Pilisszántó les index ont les valeurs suivantes :

Couches	*Index climatique*	*Index des débris*
Humus	1,5	1,8
Couche blanche tufeuse ...	1,2	1,6
Loess des cavernes	0,0	0,06
Argile loessique	0,6	1,6
Couche brune	2,2	2,5
Couche rouge-brunâtre	2,4	2,5

L'index climatique de l'argile loessique est différent des moyennes indiquées plus haut, probablement parce que nous avons pris l'échantillon trop haut, du voisinage du loess. Mais l'index des débris de cette même couche correspond à la moyenne établie empiriquement.

La méthode esquissée donne, selon nos expériences, des valeurs numériques utilisables pour les remplissages de cavernes hongroises, qui peuvent servir à déterminer, avec une bonne approximation, les circonstances de la formation d'un seul échantillon pris isolément dans la série des couches.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bacsák Gy. : La chronologie de la dernière phase du Diluvium. Barlangvilág, X, 1940.
2. Bacsák Gy. : L'influence de la glaciation scandinave sur la zone périglaciaire. Publ. de l'Institut de Météorologie et de Magnétisme terrestre. **13**, Budapest, 1942.
3. Bacsák Gy. : Défense de la théorie de Milankovič. En manuscrit.
3*a*. Bariss M. : Les causes de la glaciation et la théorie Milankovič—Bacsák. Földr. Közl. II, 1954.
4. Büdel, J.: Die Klima-morphologischen Zonen der Polarländer, Erdkunde II, 1948.
5. Dücker, A. : Über Strukturboden im Riesengebirge. Ein Beitrag zum Bodenfrost und Lössproblem, Ztschr. D. Geol. Ges. 1937.
6. Herrmann M.: Les minéraux lourds des couches pleistocènes de la caverne de Istállóskő. Monographie de la caverne Istállóskő, en préparation.
7. Jánossy D. : La faune des oiseaux et des mammifères des couches pleistocènes de la caverne Istállóskő. Monographie de la caverne de Istállóskő, en préparation.
8. Kriván P. : Die erdgeschichtlichen Rhytmen des Pleistozänzeitalters, Acta Geol. II, 1953.
9. Kriván P. : Die klimatische Gliederung des mitteleuropäischen Pleistozäns. Acta Geol. III, 4. 1955.
10. Lais, R. : Über Höhlensedimente, Quartär **3**, 1940.
11. Milankovič, M. : Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen, Handbuch der Klimatol., **1**, Berlin 1930.
12. Sárkány S.—Stieber J.: L'étude anthracotomique des vestiges de l'homme primitif et de ses déchets du foyer récemment trouvés dans les fouilles de la caverne de Istállóskő. Monographie de la caverne de Istállóskő, en préparation.
13. Troll, C. : Der subnivale oder periglaziale Zyklus der Denudation, Erdkunde II, 1948.
14. Vértes L. : L'abri II de Pilisszántó, Annales Hist.-Nat. Musei Nat. Hung. I, Budapest, 1951.
15. Vértes L. : L'examen des débris de la caverne de Istállóskő. Détermination de l'âge. Monographie de la caverne de Istállóskő, en préparation.
16. Voigt, E. : Die Bedeutung der Lackfilmmethode für die vorgeschichtliche Forschung, Nachrichtenblatt für deutsche Vorzeit **11**, 1935.
17. Voigt, E. : Die Anwendung der Lackfilmmethode bei der Bergung geologischer und bodenkundlicher Profile, Mitt. d. geol. Staatsinst. Hamburg, 1949.

УСЛОВИЯ ВЮРМСКОГО ИНТЕРСТАДИАЛА I/II В ВЕНГРИИ В СВЕТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕЩЕРНЫХ ЗАПОЛНЕНИЙ

Л. ВЕРТЕШ

Резюме

В последние годы в Венгрии исследование четвертичного периода приобрело новый размах под влиянием деятельности Дьёрдя *Бачак*, развивающего дальше теорию *Миланковича*.

Одним из компонентов этой комплексной работы является систематический петрографический анализ материала заполнения отечественных пещер. Благодаря этому име-

ется возможность исследовать и проследить более основательно, чем до сих пор, флювиогляциальные климатические процессы и установить их хронологию.

При исследовании заполнений автор основывается на относящихся сюда исследованиях *Лаиса*. Подвергаются анализу свойства известняковых обломочных пород и изменения их гранулометрического состава, содержания $CaCO_3$ и гумуса, а также и степени выветривания. На основании накопленного опыта была составлена «определительная таблица» с указанием на возможные в вюрме климатические условия.

По результатам публикуемых здесь исследований по расслойкам II каменной ниши в с. Пилишсанто, седиментация началась в интерстадиале вюрма I/II и продолжалась заполнением криофильной фазы вюрма II. Следует потом лёсс крионной фазы вюрма II/III, который не прерывается заполнением, указывающий на гомогенный слой межстадиального характера. Затем идет слой с известняковыми обломками послеледникового периода, туфовый материал фазы ореха и, на конец, современные гумусы.

Подобному анализу был подвергнут и материал заполнения пещеры Ишталлошкё, где результаты можно контролировать при помощи беспримерно богатыми палеонтологическими, палеоботаническими, микроминералогическими и археологическими находками. Результаты всех этих исследований согласуются. На основе их оценки удалось установить, что низший плейстоценовый слой пещеры Ишталлошкё осадился в вюрме I, высший же образовался в криофильный период вюрма II. Найденные здесь остатки ориньякской культуры I восходят к так наз. активно-субстропической (солярной) климатической эпохе конца вюрма I, орудия же ориньякской культуры II — к межледниковой эпохе вюрма I/II.

Применением этого метода — помимо получения более реальной картины небольших климатических изменений вюрма — получены более точные чем до сих пор данные с точки зрения процессов первобытных времен.

Kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója Műszaki felelős: Farkas Sándor
A kézirat beérkezett: 1955. IV. 25. — Terjedelem: 9¼ (A/5) ív, 19 ábra, 3 melléklet (1 színes)

Akadémiai Nyomda, Gerlóczy u. 2 — 36381/55 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

INDEX

Tomus III.

Au 70e anniversaire du professeur Elemér *Vadász* — К 70-летию со дня рождения профессора Элемера *Vadac* 303

Bacsák, Gy.: Pliozän- und Pleistozänzeitalter im Licht der Himmelsmechanik — Плиоцен и плейстоцен в свете небесной механики 305

Бардоши, Дь.: Новые данные по бокситовым месторождениям юго-западного Баконя (Венгрия) — *Bárdossy, Gy.:* New Data on Bauxite Occurrences of the Southwestern Bakony Mountains (Hungary) 1

Földvári-Vogl, M., Koblencz, V.: Facteurs de la décomposition thermique des dolomies — Факторы термического разложения доломитов 15

Gedeon, T. G.: Aluminite (Websterite) of Gánt, Hungary — Гантский алюминит ... 27

Kiss, J.: Recherches sur les bauxites de la Hongrie — Исследования боксита в Венгрии 45

Kretzoi, M.: Promimomys cor n. g. n. sp., ein altertümlicher Arvicolide aus dem ungarischen Unterpleistozän — *Promimomys cor* n. g. n. sp., один из древних Арвиколид нижнего плейстоцена Венгрии 89

Kretzoi, M.: Dolomys and *Ondatra* — *Доломис* и *Ондатра* 347

Kriván, P.: Die klimatische Gliederung des mitteleuropäischen Pleistozäns — Климатическое разделение средне-европейского плейстоцена 357

Majzon, L.: Paleozoic Foraminifera of the Bükk Mountains — Палеозойские фораминиферы в горах Бюкк 95

Náray-Szabó, I., Szuk, G.: The Determination of the Optima Water—Cement Ratio of Concrete by Electrical Means — Определение оптимального водоцементного отношения бетона электрическим способом 105

Szádeczky-Kardoss, E.: Das Verbindungspotential und seine Beziehungen zum Schmelzpunkt und zur Härte — Потенциал соединений и его отношение к точке плавления и твердости 115

Szádeczky-Kardoss, E.: Über die Energetik der magmatischen Gesteins- und Erzgebilde — К вопросу об энергетике магматических горных пород и рудных образований 163

Szörényi, E.: Notes pour servir à l'étude des *Archiacia* (Échinides) — Примечания к изучению *Archiacia* (морские ежи) 383

Sztrókay, K. I.: Die Entstehung der Willemitphase bei der Röstung ungarischer Zinkschliche — Образование виллимитной фазы при прокаливании краевой обогащенной пыли цинка 173

Tokody, L.: Der Bentonit von Komló — Месторождение бентонита в районе Комло 185

Vadász, E.: Grosstektonische Grundlagen der Geologie Ungarns — Геологическая макроструктура Венгрии 207

Vendel, M.: Die Substituierbarkeit der Ionen und Atomen von geochemischem Gesichtspunkte. I. — Замещаемость ионов и атомов с точки зрения геохимии 245

Vértes, L.: Les conditions de l'interstadial würmien I/II hongrois élucidées par l'examen des remplissages de grottes — Условия вюрмского интерстадиала I/II в Венгрии в свете исследования пещерных заполнений 393

Les Acta Geologica paraissent en russe, français, allemand et anglais et publient les travaux du domaine des sciences géologiques.

Les Acta Geologica sont publiés sous forme de fascicules qui seront réunis en un volume par an.

On est prié d'envoyer les manuscrits destinés à la rédaction et écrits à la machine à l'adresse suivante :

Acta Geologica, Budapest, 62. Postafiók 440.

Toute correspondance doit être envoyée à cette même adresse.

Le prix de l'abonnement annuel est de 110 forints.

On peut s'abonner à l'Entreprise du Commerce Extérieur de Livres et Journaux «Kultúra» (Budapest VI., Sztálin út 21. Compte-courant No. 43-790-057-181) ou à l'étranger chez tous les représentants ou dépositaires.

The Acta Geologica publish papers on geological and relative subjects in Russian, French, German and English.

The Acta Geologica appear in parts of various size, making up one volume yearly.

Manuscripts should be typed and addressed to :

Acta Geologica, Budapest 62, Postafiók 440.

Correspondence with the editors and publishers should be sent to the same address.

The rate of subscription to the Acta Geologica is 110 forints a volume. Orders may be placed with «Kultúra» Foreign Trade Company for Books and Newspapers (Budapest, VI., Sztálin út 21. Account No. 43-790-057-181) or with representatives abroad.

Die Acta Geologica veröffentlichen Abhandlungen aus dem Bereiche der geologischen Wissenschaften in russischer, französischer, deutscher und englischer Sprache.

Die Acta Geologica erscheinen in Heften wechselnden Umfanges. Mehrere Hefte bilden jährlich einen Band.

Die zur Veröffentlichung bestimmten Manuskripte sind, mit Maschine geschrieben, an folgende Adresse zu senden :

Acta Geologica, Budapest 62, Postafiók 440.

An die gleiche Anschrift ist auch jede für die Redaktion und den Verlag bestimmte Korrespondenz zu senden.

Abonnementspreis pro Band 110 Forint. Bestellbar bei dem Buch- und Zeitungs-Aussenhandels-Unternehmen «Kultúra» (Budapest, VI., Sztálin út 21. Bankkonto Nr. : 43-790--057-181) oder bei seinen Auslandsvertretungen und Kommissionären.

27,— Ft

INDEX

Au 70 e anniversaire du professeur Elemér *Vadász* — К 70-летию со дня рождения профессора Элемера *Вадас* 303

Bacsák, Gy.: Pliozän- und Pleistozänzeitalter im Licht der Himmelsmechanik — Плиоцен и плейстоцен в свете небесной механики 305

Kretzoi, M.: Dolomys and *Ondatra* — *Доломис* и *Ондатра* 347

Krivân, P.: Die klimatische Gliederung des mitteleuropäischen Pleistozäns — Климатическое разделение средне-европейского плейстоцена 357

Szörényi, E.: Notes pour servir à l'étude des *Archiacia* (Échinides) — Примечания к изучению *Archiacia* (морские ежи) 383

Vértes, L.: Les conditions de l'interstadial würmien I/II hongrois élucidées par l'examen des remplissages de grottes — Условия вюрмского интерстадиала I/II в Венгрии в свете исследования пещерных заполнений 393